

Aus dem Orthopädisch-Unfallchirurgischen Zentrum am Universitätsklinikum
Mannheim der Medizinischen Fakultät Mannheim
(Direktor: Prof. Dr. med. H.-P. Scharf)

Subjektive und objektive Resultate nach operativer Versorgung distaler
Humerusfrakturen und Etablierung des Subjective Elbow Value

Inauguraldissertation
zur Erlangung des medizinischen Doktorgrades
der
Medizinischen Fakultät Mannheim
der Ruprecht-Karls-Universität
zu
Heidelberg

vorgelegt von
Jana Lederer
aus
Stuttgart
2018

Dekan: Prof. Dr. med. Sergij Goerd
Referent: Prof. Dr. med. Lars Lehmann

Meinen Eltern und Großeltern

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	Fragestellung und Ziel der Arbeit	1
1.2	Anatomie	2
1.2.1	Knochen	2
1.2.2	Gelenke	4
1.2.3	Gelenkkapsel und Bänder	5
1.2.4	Muskulatur	7
1.2.5	Gefäße	7
1.2.6	Nerven	7
1.2.7	Bewegungsausmaße des Ellenbogengelenks	9
1.3	Die distale Humerusfraktur	10
1.3.1	Inzidenz und Pathomechanismus	10
1.3.2	Klassifikation	10
1.3.3	Diagnosestellung	11
1.3.4	Therapie	14
1.3.5	Komplikationen	24
1.3.6	Postoperative Nachbehandlung	25
1.3.7	Prognose	26
2	MATERIAL UND METHODEN	27
2.1	Datengewinnung	27
2.2	Untersuchungsmethoden	28
2.2.1	Inspektion und Palpation	28
2.2.2	Armlänge und Armumfang	28
2.2.3	Bewegungsausmaße	29
2.2.4	Neurologischer Test	29
2.2.5	Durchblutung	29
2.2.6	Röntgen	29
2.3	Scores	29
2.3.1	Mayo Elbow Performance Score (MEPS)	30
2.3.2	Aktivitätsscore nach Morrey (ASM)	31
2.3.3	Visuelle Analogskala Schmerzen (VAS)	32
2.3.4	Subjective Elbow Value (SEV) und Zufriedenheit	33
2.3.5	Schweregrad nach Estève	33
2.4	Datenauswertung	33
3	ERGEBNISSE	35
3.1	Geschlechterverteilung	35

3.2	Altersverteilung	35
3.3	Links-Rechts-Verteilung	36
3.4	Unfallhergang	36
3.5	Klassifikation	37
3.6	Offene und geschlossene Frakturen und deren Klassifikation	38
3.7	Begleitverletzungen	38
3.8	Operationsverfahren	38
3.9	Vorerkrankungen	39
3.10	Zweitoperationen	39
3.11	Komplikationen	40
3.12	Mayo Elbow Performance Score	41
3.13	Aktivitätsscore nach Morrey	42
3.14	Schweregrad nach Estève	44
3.15	Subjective Elbow Value und Zufriedenheit	44
3.16	Visuelle Analogskala	45
3.17	Röntgenbefunde	45
3.18	Bewegungsumfänge	46
3.19	Korrelationen und Vergleiche	46
3.19.1	Korrelation Unfallalter mit Scores	46
3.19.2	Korrelation Geschlecht mit Scores	47
3.19.3	Korrelationen mit Zufriedenheit	48
3.19.4	Korrelation Klassifikation mit Zufriedenheit und Schweregrad	49
3.19.5	Vorerkrankungen und Scores	49
3.19.6	Komplikationen und Scores	52
3.19.7	Korrelation offene / geschlossene Frakturen mit Komplikationen	55
3.19.8	Korrelation Scores untereinander	55
3.20	Falldemonstrationen	56
4	DISKUSSION	61
4.1	Einordnung des Studiendesigns in die Literatur	61
4.1.1	Patientenalter	61
4.1.2	Geschlechterverteilung	61
4.1.3	Follow-up	62
4.1.4	Verteilung Klassifikation	62
4.1.5	Komplikationen	63
4.2	Methodik unserer Studie	63
4.3	Ergebnisse und deren Einordnung in die Literatur	66
4.3.1	Mayo Elbow Performance Score	67
4.3.2	Aktivitätsscore nach Morrey	69

4.3.3	Zufriedenheit	69
4.3.4	Subjective Elbow Value	70
4.3.5	Schmerzstärke	70
4.3.6	Schweregrad nach Estève und Bewegungsausmaße	70
5	ZUSAMMENFASSUNG	73
6	LITERATURVERZEICHNIS	74
7	ANHANG	79
8	LEBENS LAUF	85
9	DANKSAGUNG	87

1 EINLEITUNG

1.1 Fragestellung und Ziel der Arbeit

Distale Humerusfrakturen im Erwachsenenalter sind im Gegensatz zum Kindesalter nach wie vor selten vorkommende Brüche, die aufgrund ihrer Komplexität und häufigen Ellenbogengelenkbeteiligung eine Herausforderung an den behandelnden Arzt darstellen^{1, 2}.

Trotz der Gefahr iatrogenen Schäden wie Nervenverletzungen oder Weichteilschäden und der später hohen Beanspruchung des eingebrachten Materials wird heute die Operation als Therapieverfahren der Wahl angesehen, da so zum einen eine frühzeitige Mobilisierung erreicht werden kann, um eine Einsteifung des Gelenks zu verhindern, und zum anderen die anatomische Reposition sowie Retention der Frakturfragmente für die Stabilität und Funktion des Gelenks unabdingbar sind³.

Verschiedene Komplikationen (Nervenschäden, Materiallockerungen, Pseudarthrosen, arthrotische Veränderungen) können sowohl das subjektive als auch das objektive Endergebnis der Fraktur beeinflussen⁴.

Die Ziele unserer Nachuntersuchung von Patienten mit distaler Humerusfraktur, die im Orthopädisch-Unfallchirurgischen Zentrum des Universitätsklinikums Mannheim operativ versorgt wurden, sind, im Rahmen der internen Qualitätssicherung klinische Ergebnisse zu prüfen und mit dem eigenen Empfinden der Patienten zu vergleichen. Wir möchten die subjektive Zufriedenheit der Patienten, die objektive Beweglichkeit des Ellenbogens und somit die Funktion des Ellenbogengelenks sowie das Auftreten sämtlicher Komplikationen erfassen, ebenso verschiedene Scores validieren. Etablieren möchten wir den Subjective Elbow Value, welcher der subjektiven Einschätzung der Ergebnisse des verletzten Ellenbogens dient und dem für den Schulterbereich etablierten Subjective Shoulder Value nachempfunden ist.

Zusätzlich stellt sich uns die Frage, wie sich beispielsweise Geschlecht, Alter, Schweregrad der Verletzung oder Komplikationen prognostisch und auf das subjektive und objektive Endergebnis auswirken.

1.2 Anatomie

1.2.1 Knochen

Am Ellenbogengelenk sind drei verschiedene Knochen beteiligt: Humerus, Ulna und Radius. Alle drei Knochen sind lange Röhrenknochen.⁵

Der distale Humerus ist triangelförmig und besteht aus Condylus humeri sowie medialer und lateraler Epikondyle. Der Condylus humeri besteht lateral aus Capitulum humeri und medial aus Trochlea humeri. Er bildet so die zum Ellengelenk gehörenden Gelenkkörper des Humerus.^{1, 6, 7} Die Epikondylen befinden sich jeweils seitlich oberhalb der Gelenkkörper, der Epikondylus medialis weist zusätzlich den Sulcus nervi ulnaris auf¹. Oberhalb der Trochlea humeri befindet sich dorsal eine Grube, die Fossa olecrani, welche nur durch eine sehr dünne Knochenlamelle von der ventral liegenden Fossa coronoidea getrennt ist und somit eine Sollbruchstelle darstellt^{1, 7}.

Der Radius ist durch das Radiusköpfchen am Ellenbogengelenk beteiligt. Dieses hat zwei Gelenkflächen: Fovea articularis und Circumferentia articularis. Die Fovea articularis artikuliert mit dem Humerus, die Circumferentia articularis mit der Ulna.^{6, 7}

Die Ulna, der dritte Röhrenknochen, ist mit Olekranon und Processus coronoideus am Ellenbogengelenk beteiligt. Sowohl Processus coronoideus als auch Olekranon weisen jeweils eine Incisura trochlearis auf, welche beide mit der Trochlea humeri artikulieren. Der Processus weist zusätzlich noch eine Incisura radialis auf und artikuliert so mit dem Radius.^{6, 7}

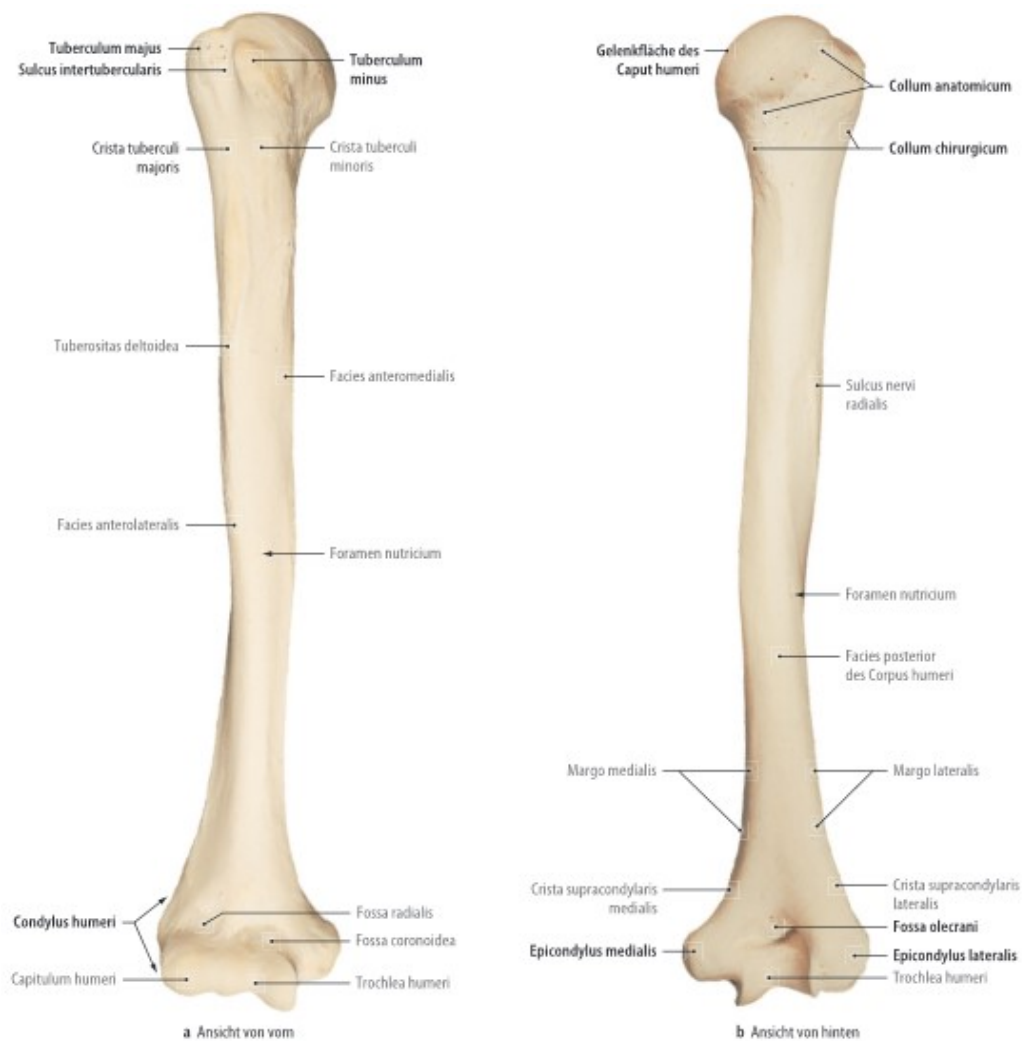


Abb. 1: Rechter Oberarmknochen in ventraler und dorsaler Ansicht⁸

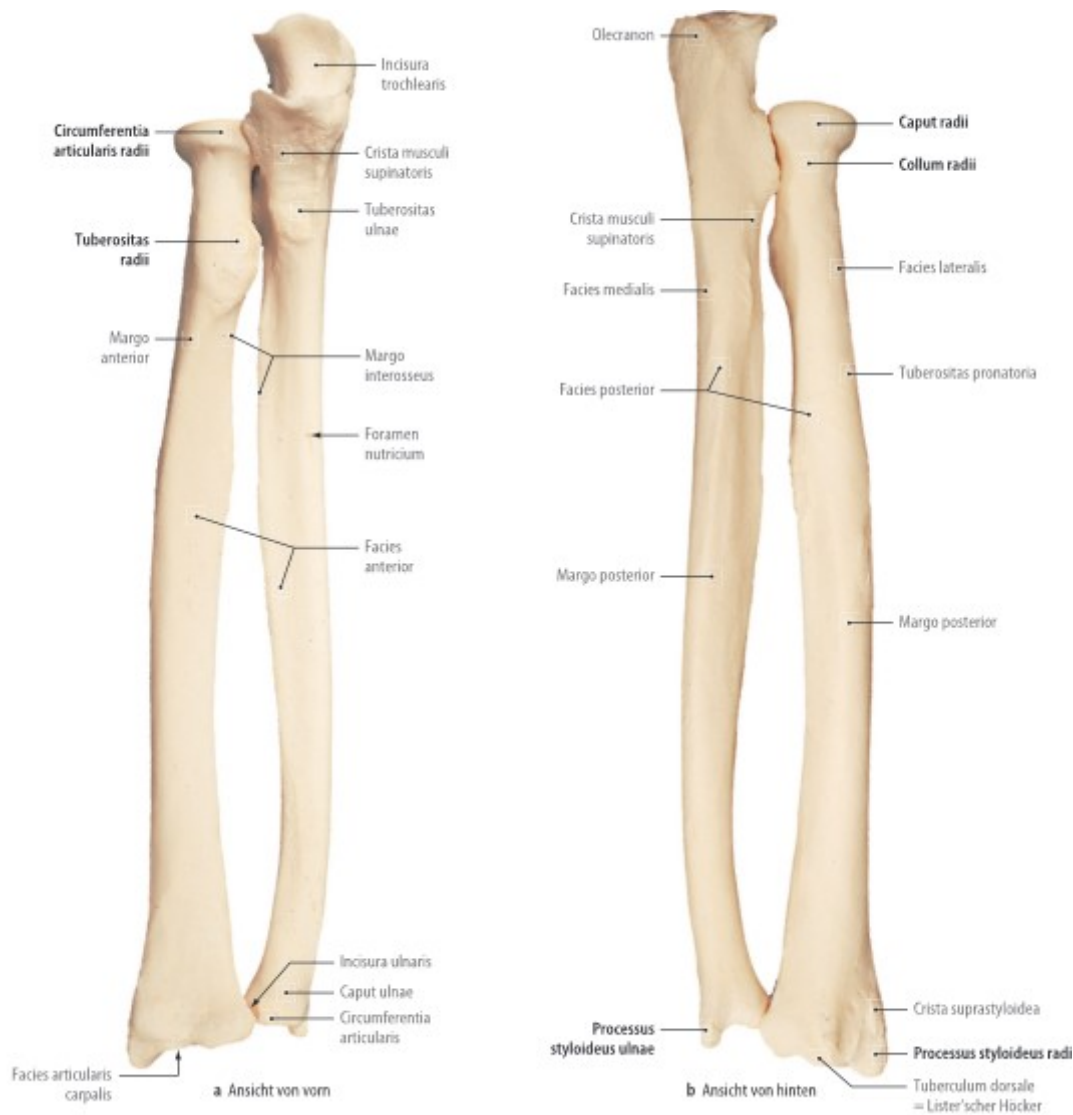


Abb. 2: Rechte Ulna und rechter Radius in ventraler und dorsaler Ansicht⁸

1.2.2 Gelenke

Das Ellenbogengelenk (*Articulatio cubiti*) besteht aus drei Teilgelenken: Humeroulnar-, Humeroradial- und proximales Radioulnargelenk^{1, 3-5, 9}.

Alle drei Gelenke unterscheiden sich sowohl in Funktion als auch in Morphologie, ermöglichen gemeinsam aber ein hohes Bewegungsausmaß in zwei Ebenen: Extension und Flexion sowie Pronation und Supination⁴.

Das Humeroulnargelenk ist ein Scharniergelenk, bei dem *Trochlea humeri* und *Incisura trochlearis ulnae* miteinander artikulieren und Flexion sowie Extension ermöglichen^{1, 3-5}.

Das Humeroradialgelenk ist ein Kugelgelenk, das aufgrund straffer Kollateralbänder auf zwei Bewegungen beschränkt ist und somit auch als Drehscharniergelenk bezeichnet wird. Das Radiusköpfchen gleitet auf dem *Capitulum humeri* und ermöglicht

so die Scharnierbewegung, das Caput radii kann sich innerhalb des Ligamentum radii auf dem Capitulum humeri drehen und sorgt somit für die Drehbewegung im Gelenk.³

Eine Drehbewegung ist auch durch das proximale Radioulnargelenk möglich. Bei diesem Radgelenk dreht sich der Radiuskopf in der Incisura radialis ulnae und wird dabei vom Ligamentum anulare geführt.^{1, 3}

Durch das komplizierte Zusammenspiel aller drei Gelenke ist eine Drehbewegung des Ellenbogens in jeder Beuge- und Streckstellung möglich³.

1.2.3 Gelenkkapsel und Bänder

Die mehrkammerige Gelenkkapsel des Ellenbogens umspannt alle beteiligten Gelenkflächen und auch die Kondylen des distalen Humerus, die Epikondylen bleiben ausgespart^{3, 4, 10}. Distal reicht sie dorsal bis zum Radiushals und ventral bis unterhalb der Incisura trochlearis ulnae⁴.

Verstärkt wird die Kapsel von medialen und lateralen Kollateralbändern, die jeweils einen schmalen Ursprung am distalen Humerus und einen breiten, fächerförmigen Ansatz an Radius bzw. Ulna haben. Diese Ansätze sorgen dafür, dass in jeder Gelenkstellung immer ein Teil der Bänder gestrafft ist und somit stets der Führung und Sicherung des Gelenks dient³.

Zusätzlich wird durch die Oberarmmuskulatur (M. brachialis, M. triceps brachii und M. anconeus) verhindert, dass sich die Gelenkkapsel in den Gelenkkörpern einklemmt³.

Die einzelnen Gelenke des Articulatio cubiti werden durch folgende drei Bänder verstärkt: Ligamentum collaterale mediale, Ligamentum collaterale laterale und Ligamentum anulare radii³.

Das ulnare Kollateralband, auch MCL genannt (medial collateral ligament), zieht vom Epicondylus humeri ulnaris mit zwei starken Faserbündeln als anteromediales Kollateralband (AML) zum Processus coronoideus der Ulna und als posteromediales Kollateralband (PML) zum Olekranon^{1, 3, 4}. Durch die quer verlaufenden Cooper-Fasern werden AML und PML miteinander verbunden⁴.

Das laterale Kollateralband (LCL) besteht ebenfalls aus zwei Faserbündeln und entspringt vom Epicondylus humeri radialis. Als radiales Kollateralligament (RCL) zieht es zum Radiusköpfchen, wo es dieses überspannt, ohne einen Verlust in der Rotati-

onsbewegung zu verursachen, und in das Ligamentum anulare radii übergeht.^{3, 4} Als laterales ulnares Kollateralband (LUCL) zieht das LCL zur dorsolateralen Ulna³. Das Ligamentum anulare radii, auch Ringband genannt, wird komplett von der Gelenkkapsel umgeben und hat sowohl Ursprung als auch Ansatz an der proximalen Ulna. Es dient vor allem dem Halten des Radiusköpfchens in Position. RCL und Ringband dienen für den M. supinator und die oberflächlichen Handgelenkextensoren als Ursprungsfläche.³

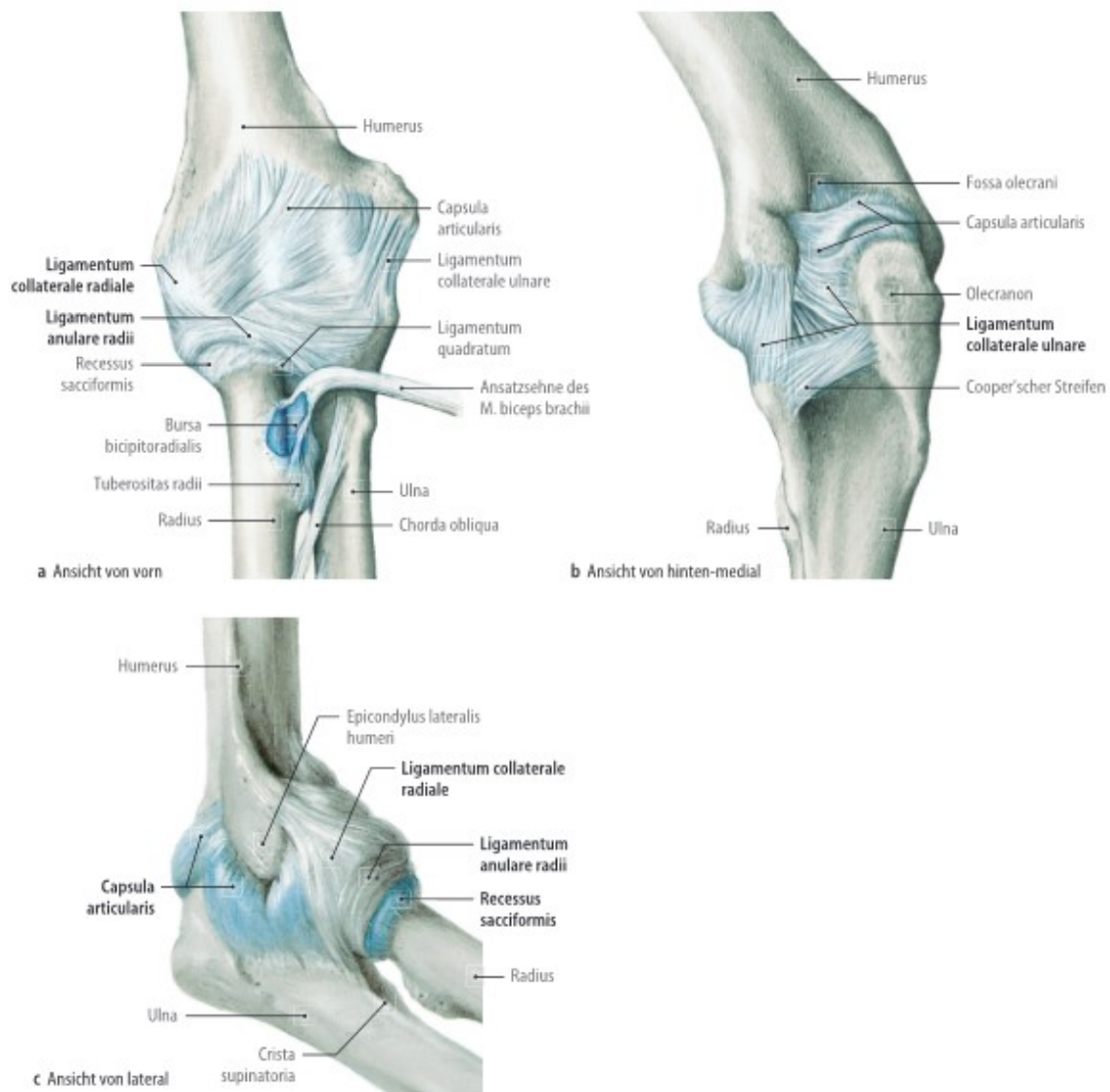


Abb. 3: Das Ellenbogengelenk mit Kapsel- und Bandapparat in ventraler, dorsaler und lateraler Ansicht⁸

1.2.4 Muskulatur

Zusätzlich zu knöchernen und ligamentären Strukturen wird das Ellenbogengelenk durch die inserierende Muskulatur stabilisiert. Dazu gehören M. brachialis, M. biceps brachii, M. triceps brachii und M. anconeus.⁴

1.2.5 Gefäße

Ventral des Humerusschafts befindet sich die A. brachialis, welche aus der A. axillaris hervorgeht und im Sulcus bicipitalis medialis zur Fossa cubitalis zieht und sich dort in ihre zwei Äste, A. radialis und A. ulnaris, aufteilt. Davor gibt sie die beiden Arterien A. collateralis ulnaris superior und A. collateralis ulnaris inferior ab.⁴

Die A. radialis verläuft auf dem M. brachioradialis und gibt die rückläufige A. recurrens radialis ab. Die A. ulnaris verläuft zwischen den Schichten der tiefen und oberflächlichen Fingerbeuger und gibt die ebenfalls rückläufige A. recurrens ulnaris und die A. interossea communis ab. Das dorsal gelegene Rete articulare cubiti, ein klinisch wichtiger Kollateralkreislauf, wird von den Arterien A. recurrens ulnaris und A. recurrens radialis gespeist.^{4, 7}

Die ebenfalls in der Tiefe ventral des Ellengelenks verlaufende V. brachialis und die oberflächlich verlaufenden Venen (V. basilica medial, V. cephalica lateral in der Ellenbeuge) sorgen für den venösen Abfluss von Hand und Unterarm⁴.

1.2.6 Nerven

Drei wichtige sensomotorische Nerven verlaufen in der Ellenbeuge: N. medianus, N. radialis und N. ulnaris⁴.

Der N. medianus überkreuzt die A. brachialis und verläuft mit ihr im Sulcus bicipitalis medialis zur Ellenbeuge. Er gelangt zwischen humeralem und ulnarem Kopf des M. pronator teres zum Unterarm und zieht dann zwischen den tiefen und oberflächlichen Fingerbeugern zum Handgelenk und durch den Karpaltunnel zur Handinnenfläche. Er innerviert motorisch fast alle Flexoren des Unterarms, Teile der Thenarmuskulatur und einen Teil der kurzen Fingermuskeln. Bei einem Ausfall sind sowohl Pronation im Ellenbogengelenk als auch Flexion der Hand eingeschränkt. Beim Versuch die Hand zu einer Faust zu schließen, kommt es zu dem Phänomen der sogenannten „Schwurhand“. Sensorisch ist der N. medianus für die Innervation der Palmarseite der Hand von Daumen zu radialer Seite des Ringfingers verantwortlich. Auf dem

Handrücken sorgt er für die sensible Innervation der distalen Enden der ersten drei Finger.^{4, 7}

Der im Sulcus nervi radialis des Humerus verlaufende N. radialis gelangt in der Tiefe zwischen M. brachialis und M. brachioradialis in die Ellenbeuge und teilt sich in seine Äste auf. Der oberflächliche Ast, R. superficialis, zieht gemeinsam mit dem M. brachioradialis nach distal zum Handrücken. Er innerviert als sensorischer Ast dorsal Daumen, Zeigefinger und die radiale Hälfte des Mittelfingers. Der tiefe Ast des N. radialis, R. profundus, durchdringt den M. supinator und umschlingt das Radiusköpfchen, um dann in die Extensorenloge zu gelangen und die Unterarmstrecker und langen Handmuskeln zu innervieren. Bei einem Ausfall kommt es zur sogenannten „Fallhand“.^{4, 7}

Der anfangs dorsal des Oberarmknochens verlaufende N. ulnaris gelangt durch den Sulcus ulnaris des Humerus unter der medialen Epikondyle nach ventral und zieht zwischen den Köpfen seines Leitmuskels (M. flexor carpi ulnaris) hindurch. Gemeinsam mit der A. ulnaris zieht er dann zwischen oberflächlichen und tiefen Beugern nach distal. Durch seinen Verlauf am distalen Humerus ist er bei einer Fraktur desselben stark gefährdet. Motorisch versorgt der N. ulnaris Teile der Unterarm- und Thenarmuskulatur, die Muskulatur des Kleinfingerballens und große Teile der kurzen Handmuskeln. Fällt der Nerv aus, kommt es zur „Krallenhand“. Sensibel versorgt er die ulnaren Seiten der Handfläche und des Handrückens, den kleinen Finger und jeweils dorsal und ventral die ulnare Seite des Ringfingers.^{4, 7}

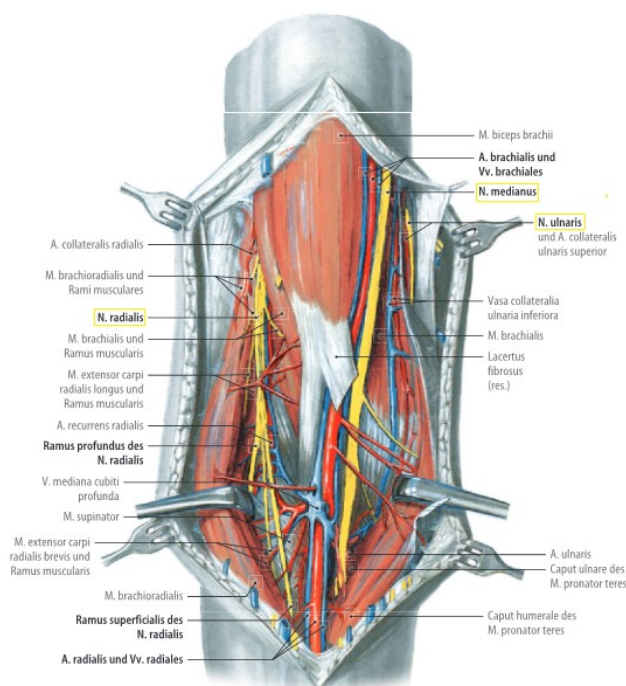


Abb. 4: Leitungsbahnen der rechten Ellenbeuge in ventraler Ansicht⁸

1.2.7 Bewegungsausmaße des Ellenbogengelenks

Das Bewegungsausmaß des Ellenbogens wird sowohl für Extension und Flexion als auch für Pronation und Supination mit der Neutral-Null-Methode bestimmt.

Bei Extension und Flexion läuft die Bewegungsachse durch Capitulum humeri und Trochlea humeri, die Nullstellung entspricht der Streckung des Ellenbogens.^{7, 11} Die physiologische Beugung im Ellengelenk beträgt maximal 145° ($\pm 10^\circ$) und wird durch den vorhandenen Weichteilmantel (Muskelmasse oder Fett) bestimmt. Die physiologische Streckung wird mit 0° ($\pm 10^\circ$) angegeben und wird durch den Anschlag des Olekranons in der Fossa olecrani begrenzt. Kinder und Frauen weisen häufiger die Möglichkeit der leichten Überstreckung auf als Männer.^{4, 11} Ein Beuge- und Streck-Bewegungsumfang von 100° reicht laut Josten et al. aus, um normale Aktivitäten im Alltag zu bewältigen⁴.

Bei der Nullstellung für Pronation und Supination liegt der Ellenbogen um 90° gebeugt dem Oberkörper an und der Daumen weist nach oben, die Bewegungsachse läuft hier durch Radiusköpfchen und Processus styloideus ulnae. Die Bewegungsausmaße für Pronation und Supination werden mit $90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$ angegeben.^{1, 4, 7, 11}

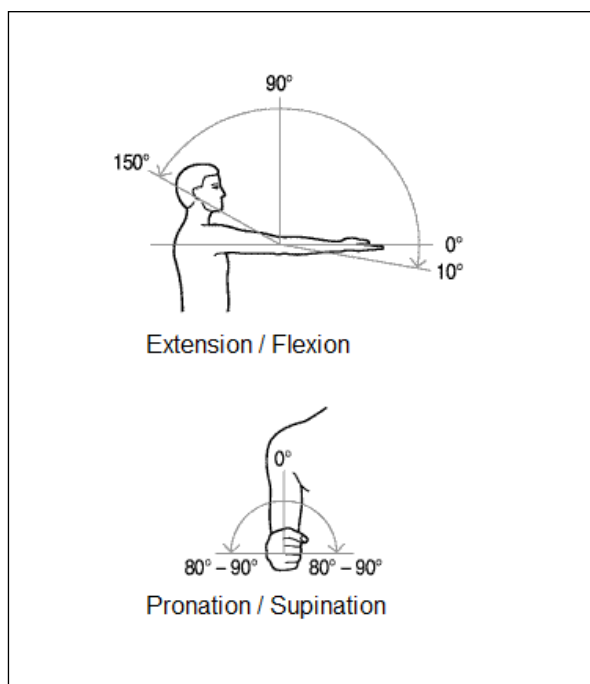


Abb. 5: Bewegungsumfänge des Ellenbogengelenks für Extension / Flexion und Pronation / Supination¹²

1.3 Die distale Humerusfraktur

1.3.1 Inzidenz und Pathomechanismus

Die distale Humerusfraktur im Erwachsenenalter ist mit 5 pro 100.000 Einwohnern im Jahr ein relativ seltener Bruch². Bei Kindern zählt diese Frakturart mit 9,5% aller kindlichen Skelettfrakturen zu den häufigeren knöchernen Verletzungen¹.

Das mittlere Verletzungsalter wird mit 48 Jahren angegeben, wobei Kinder meist im 1. Lebensjahrzehnt und Erwachsene im 5. Lebensjahrzehnt betroffen sind². Durch das steigende Alter unserer Gesellschaft ist anzunehmen, dass die distale Humerusfraktur bei über 60-jährigen Patienten in Zukunft osteoporosebedingt häufiger auftreten wird, Pavlanen et al. konnten dies bereits im Zeitraum zwischen 1970 und 1995 in Finnland nachweisen^{13, 14}. Die Geschlechterverteilung hängt vom Alter ab. Junge Patienten mit distaler Humerusfraktur sind häufiger männlich, ältere Patienten häufiger weiblich².

Während bei Kindern in über 90% der Fälle Sport- und Freizeitverletzungen die Ursache einer distalen Humerusfraktur sind, reicht bei älteren Patienten ein einfacher Sturz auf den häufig ausgestreckten oder leicht angewinkelten Ellenbogen aus, um sich diese Verletzung zuzuziehen^{1, 15}. Hochrasanztraumata finden sich ursächlich häufig bei jungen Erwachsenen².

1.3.2 Klassifikation

Die Frakturen des distalen Humerus werden nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen klassifiziert (AO-Klassifikation)^{16, 17}.

Man unterscheidet drei Gruppen: Frakturen vom A-Typ sind extraartikuläre, metaphysäre Brüche, Frakturen vom B-Typ sind partielle, monokondyläre Gelenkfrakturen oder Abscherfrakturen an Capitulum humeri oder Trochlea humeri und Brüche vom C-Typ sind bikondyläre Frakturen mit kompletter Trennung zwischen Humerusschaft und Gelenkblock^{1, 5}. Jedem Frakturtyp sind zusätzlich noch drei Untergruppen zur genaueren Unterteilung zugeordnet (siehe Abb. 6)⁵.

In der Literatur finden sich zur Verteilung der einzelnen Frakturtypen folgende Angaben: Typ-A-Frakturen 38%, Typ-B-Frakturen 24% und Typ-C-Frakturen 37%².

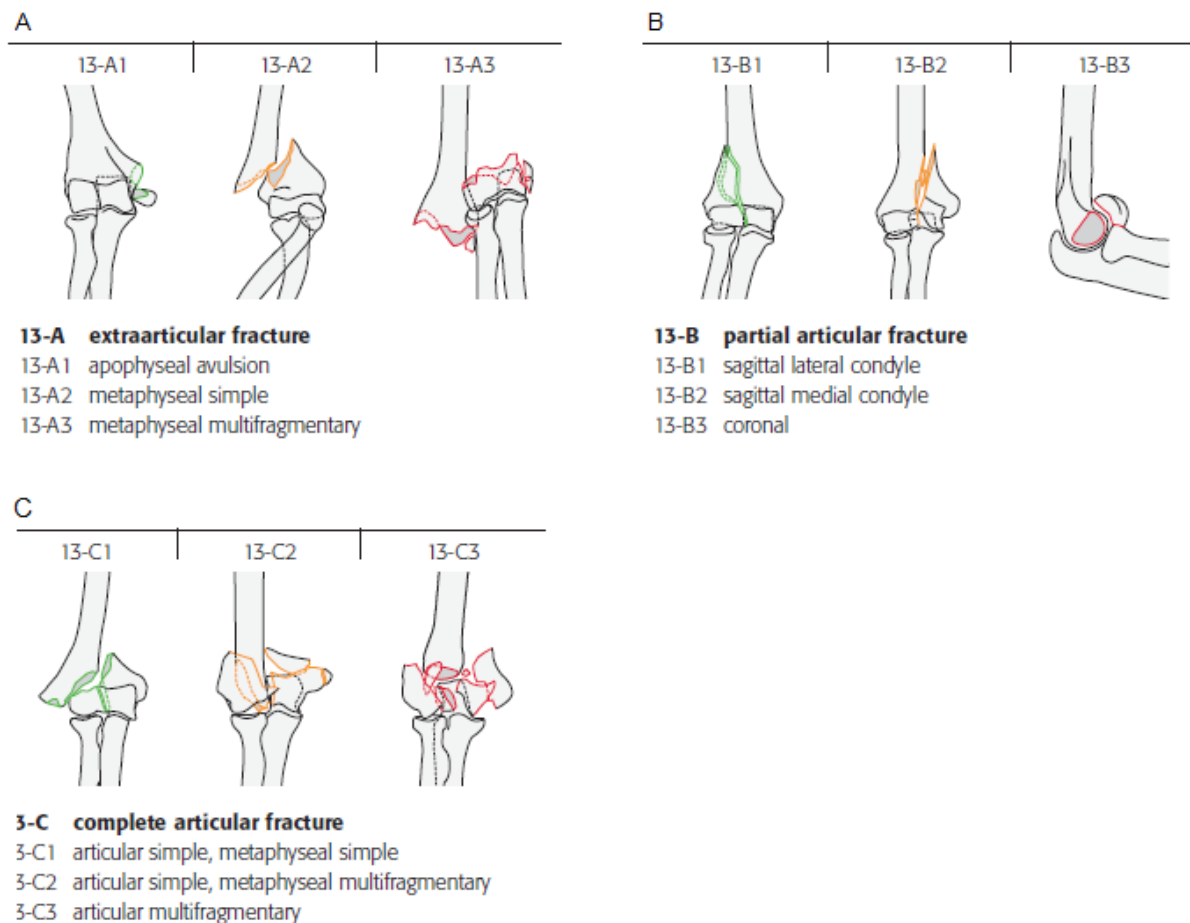


Abb. 6: Klassifikation der distalen Humerusfraktur nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO)¹⁸

1.3.3 Diagnosestellung

Die Diagnosestellung beginnt mit der Anamnese und wird durch eine klinische Untersuchung und bildgebende Verfahren komplettiert⁴.

Bei der Inspektion des Armes sollte besonderes Augenmerk auf möglichen Weichteilverletzungen liegen, das können Hämatome, Schürfwunden, offene Perforationen knöcherner Fragmente o.ä. sein. Bei offenen Frakturen ist meist die streckseitige Haut betroffen.^{3, 5}

Bei der Palpation sollte der Untersucher die angrenzenden Gelenke des verletzten Ellenbogens, also Hand- und Schultergelenk, untersuchen, um weitere Verletzungen auszuschließen. Zurückhaltung wird bei einer Palpation des betroffenen und fraktursuspekten Ellenbogengelenks empfohlen.^{1, 3, 5}

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Untersuchung ist die Überprüfung von Durchblutung, Sensibilität und Motorik distal der Verletzung, die auch einer genauen Dokumentation bedarf, da auf diese Weise traumatische und iatrogene Schäden unterschieden werden können^{1, 3}. Bei Verdacht auf Gefäßverletzungen (fehlende Pulse,

Blässe, Schmerz, Parästhesie, Paralyse) ist eine dopplersonografische Untersuchung durchzuführen. In der Literatur ist man sich jedoch nicht einig, ob bei fehlendem Flusssignal sofort operativ interveniert oder zunächst angiografisch Ausmaß und genaue Lokalisation der Gefäßschädigung bestimmt werden sollen.^{1, 5, 19}

Den drei Armnerven, N. ulnaris, N. radialis und N. medianus, sollte bei der Untersuchung aufgrund ihrer topografischen Nähe zum distalen Humerus besondere Beachtung geschenkt werden¹. Vor allem Verletzungen des N. ulnaris sind mit einer Häufigkeit von 24,8 % eine häufige Komplikation von Typ-C-Frakturen²⁰. Unter allen geschlossenen Frakturen des Ellenbogengelenks wird die Inzidenz von Nervenschäden mit ca. 20 % angegeben²¹⁻²³. Meist handelt es sich bei diesen Verletzungen um Nervenverletzungsschäden, die besonders bei der Ulnarisläsion prognostisch günstig sind. Komplette Durchtrennungen der Nerven kommen äußerst selten vor.⁵

Das bildgebende Verfahren der Wahl bei Verdacht auf eine distale Humerusfraktur ist das Röntgen. Das Ellenbogengelenk muss in anterior-posteriorem Strahlengang in Streckstellung mit supiniertem Unterarm sowie seitlich in 90° Beugstellung geröntgt werden, beide Ebenen sollten rechtwinklig zueinander stehen.^{1, 3, 5} Humeroulnares Gelenk, Radiusköpfchen und Olekranon sollten ohne Überlagerung beurteilbar sein. Da diese Einstellungen bei frischen Frakturen häufig nicht erreichbar sind, kann die Beurteilung der Bilder schwierig werden.¹

Das Fat-Pad-Sign kann zusätzlich helfen Röntgenbilder zu beurteilen. Durch intraartikuläre Volumenzunahme, z.B. durch einen Erguss, können die Fettkörper in den Fossae coronoidea und radialis nach ventral und in der Fossa olecrani nach dorsal verlagert und so deutlich sichtbar sein. Dies stellt einen Frakturhinweis dar, da Fettkörper nicht so röntgendicht wie die umliegenden Gewebe sind und somit als dunkle Bereiche um den distalen Humerus herum imponieren (siehe Abb. 7).⁴

Bestätigt sich eine Fraktur des Ellenbogens und ist die Gelenkfläche mitbeteiligt bzw. hat man Schwierigkeiten bei der Interpretation des Röntgenbildes, sollte zusätzlich eine computertomografische Untersuchung erfolgen. Das CT hilft besonders bei komplexen Brüchen bei Frakturbefundung, Frakturklassifikation und Operationsplanung, was u.a. von Jacquot et. al in einer 2014 veröffentlichten Studie nachgewiesen wurde²⁴. Das Ausmaß intraartikulärer Frakturfragmente ist so sichtbarer und Abscherfragmente von Trochlea oder Capitulum humeri können besser erkannt werden. Zudem kann auch die 3D-Rekonstruktion helfen, Frakturen besser zu klassifizieren

und die Operation genauer zu planen, wovon mittlerweile viele Kliniken Gebrauch machen.^{1, 3, 5, 24-26}

Die Magnetresonanztomografie spielt bei der Verletzung distaler Humerusfrakturen keine Rolle, Sonografie und Angiografie werden zur Abklärung begleitender Gefäßverletzungen herangezogen⁵.



Abb. 7: Fat-Pad-Sign bei supracondylärer Fraktur²⁷



Abb. 8a, b: CT-Bilder eines unserer Patienten mit Typ-C-Fraktur

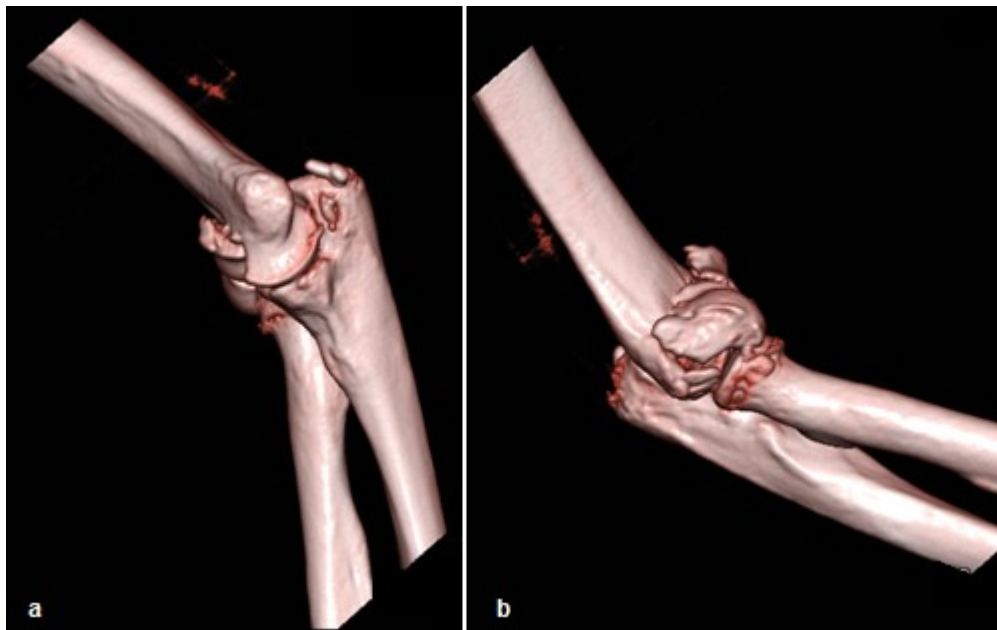


Abb. 9a, b: 3D-CT-Rekonstruktion der in Abb. 8 gezeigten distalen Humerusfraktur

1.3.4 Therapie

1.3.4.1 Konservative Behandlung

Die konservative Therapie spielt bei der distalen Humerusfraktur im Erwachsenenalter kaum eine Rolle. Nur bei undislozierten Brüchen oder bei Patienten, die aufgrund von Komorbiditäten nicht narkose- und operationsfähig sind, kommt sie in Betracht.

Die konservative Behandlung bedeutet eine mindestens 6- bis 8-wöchige Ruhigstellung des Ellenbogengelenks im Gips und bringt eine massive, bleibende Bewegungseinschränkung mit sich. Zudem sind die Pseudarthroseraten bei dieser Art der Behandlung sehr hoch.^{1, 3, 5}

Ist eine konservative Therapie unumgänglich, erfolgt, falls nötig, die Reposition der Frakturfragmente Bildwandler unterstützt durch Längszug. Seitlich versetzte Frakturfragmente werden hierbei im günstigsten Fall durch die Ligamentotaxis in ihre ursprüngliche Position verbracht. Unter zunehmender Beugung werden anschließend nach dorsal dislozierte Fragmente reponiert, die Trizepsmuskulatur kann dabei als Leitschiene genutzt werden.⁵

Nach Reposition der Frakturfragmente erfolgt zur Ruhigstellung des Bruchs das Anlegen eines gespaltenen Gipses in Funktionsstellung des Ellenbogens, d.h. 90° Beugung und leichte Pronation. Aufgrund der schlechteren Retentionsmöglichkeit sollte von einer Gipsschiene abgesehen werden. Wie auch bei anderen konservativ behandelten Frakturen muss sich der mit einem Gips versorgte Patient zu regelmäßi-

gen Kontrollen von Durchblutung und Sensibilität seines betroffenen Arms in der Klinik vorstellen.^{4, 5}

1.3.4.2 Operative Behandlung

Als Standardverfahren der Therapie der distalen Humerusfraktur gilt die offene anatomische Gelenkrekonstruktion mit interner Stabilisierung mittels Plattenosteosynthese, um eine vollständige Wiederherstellung von Stabilität und Funktion des betroffenen Gelenks zu erreichen^{1, 5}.

Der Bruch sollte möglichst früh definitiv versorgt werden, allerdings können offene Brüche, Verletzungen der Weichteile oder lebensgefährliche Verletzungen des Gesamtorganismus die Dringlichkeit der Operation verschieben. Tritt ein solcher Fall ein, sollte die Verletzung mittels Fixateur externe gelenküberbrückend stabilisiert werden.^{1, 5, 28}

Aufgrund komplexer Anatomie des Ellenbogengelenks und hohem Belastungsanspruch an das eingebrachte Material stellt diese Fraktur eine große Herausforderung für den Operateur dar. Besonders bei begleitenden Weichteil-, Nerven- und Gefäßverletzungen kommt es trotz bestmöglicher Versorgung nicht selten zu unbefriedigenden Ergebnissen hinsichtlich der Beweglichkeit des Ellenbogens.^{1, 5, 28}

1.3.4.2.1 Vorläufige Frakturversorgung mittels Fixateur externe

Mittels Fixateur externe wird eine stabile und schnelle Ruhigstellung im betroffenen Gelenk erreicht. Bei Ellenbogenfrakturen findet der Fixateur externe Anwendung bei polytraumatisierten Patienten, offenen Frakturen und kritischen Weichteilverletzungen.^{1, 28}

Auf die endgültige interne Osteosynthese sollte frühzeitig, sobald die Weichteile stabilisiert sind, umgestiegen werden. Gewartet werden sollte nicht länger als drei Wochen, da sich sonst die Bedingungen sowohl für die Reposition als auch für das Einbringen des Osteosynthesematerials drastisch verschlechtern.^{1, 5, 28}

1.3.4.2.2 Endgültige Frakturversorgung mittels ORIF

Da sich die einzelnen Frakturtypen der distalen Humerusfraktur sowohl in Schwere als auch in Komplexität unterscheiden (siehe Klassifikation), kommen je nach Frakturtyp auch unterschiedliche operative Maßnahmen zum Tragen.

A1-Frakturen (radial- oder ulnarseitige Abrissfrakturen) werden mittels Schraubenosteosynthese versorgt. Bestehen größere Fragmente kann auch eine monokondyläre Rekonstruktionsplatte zum Einsatz kommen, um bessere Stabilität zu gewährleisten.^{4, 17}

A2- und A3-Frakturen sollten mittels bikondylärer Plattenosteosynthese fixiert werden, da sie komplexere Verletzungen darstellen und die alleinige Versorgung mittels Schrauben unzureichende Stabilität brächte¹⁷.

B1- und B2-Frakturen betreffen entweder den radialen oder den ulnaren Gelenkblock und sollten auch mittels Plattenosteosynthese stabilisiert werden. Bei sehr guter Knochenqualität kann auch eine Zugschraubenosteosynthese ausreichend sein. Immer sollte jedoch die genaue Stellung der Gelenkflächen beachtet und widerhergestellt werden, um ein bestmögliches Ergebnis für das Ellengelenk zu erreichen.^{4, 17}

B3-Frakturen sind sehr selten und können durch Herbert-Schrauben (biomechanisch am stabilsten), Kleinfragmentschrauben oder Mini-Kleinfragment-Platten versorgt werden^{17, 29}. Auch hier gilt durch die definitionsgemäß vorliegende Gelenkmittelbeteiligung, dass eine anatomische Rekonstruktion der Fixation unbedingt vorausgehen sollte⁴.

C-Frakturen sind die komplexesten Frakturen des Ellengelenks. Bei allen C-Frakturen sollte zunächst die Rekonstruktion des Gelenkblocks mittels K-Drähten und Schrauben erfolgen, anschließend sollte man den Gelenkblock am Humerus mittels Plattenosteosynthese refixieren. Je nach Lokalisation der suprakondylären Trümmerzone sollten die Platten ausreichend nach kranial reichen.^{17, 30}

Im Allgemeinen gilt, dass nur A1- und B3-Frakturen allein mit Schrauben versorgt werden sollten, alle anderen Frakturen bedürfen einer Plattenosteosynthese, da es sonst leicht zu Materialversagen und sekundärer Dislokation kommen kann^{1, 4, 5, 17}.

1.3.4.2.2.1 Zugangswege

Lateraler Zugangsweg

Vor allem extraartikuläre Frakturen werden über einen seitlichen (ulnaren oder radialen) Zugangsweg versorgt, der Patient wird dabei in Rückenlage gelagert^{4, 5, 17, 28}.

Der ulnare Zugang wird bei Verletzungen des medialen Ellenbogens, z.B. bei knöchernen Ausrissen des ulnaren Kollateralbands oder bei Frakturen der ulnaren Kondyle genutzt, bietet aber eine relativ schlechte Übersicht über das Ellenbogengelenk. Bei diesem Zugangsweg muss besonders auf den N. ulnaris geachtet werden, der in der Nähe verläuft und leicht verletzt werden kann. Er sollte stets dargestellt werden, um das Osteosynthesematerial richtig platzieren zu können, ohne eine Nervenschädigung zu verursachen.^{1, 4, 5, 17, 28}

Der radiale Zugangsweg bietet eine etwas bessere Übersicht über das Gelenk und wird bei lateralen Verletzungen herangezogen (radiale Kondyle, Capitulum humeri, Radiusköpfchen). Auch die Gefahr einer Nervenverletzung ist weniger groß, da der N. radialis nicht im unmittelbaren Operationsgebiet liegt. Allerdings kann ein zu kräftiger Zug am M. extensor carpi radialis zu einer Irritation des tiefen Astes des N. radialis führen.^{1, 4, 5, 17, 28}

Dorsaler Zugangsweg

Der dorsale Zugangsweg kommt bei komplizierten Frakturen des Ellenbogens zum Einsatz, da er eine gute Sicht auf das Gelenk gewährleistet³¹.

Der Patient sollte sich beim dorsalen Zugang in Bauchlage befinden. Der verletzte Arm liegt dann gut gepolstert (um Lagerungsschäden zu vermeiden) in Unterarmhängeposition auf einem Armtischchen und muss noch um mindestens 100° zu beugen sein^{1, 3-5, 17, 28}. Ist eine solche Lagerung nicht möglich, kann auf die Seitenlagerung mit Armrolle zurückgegriffen werden²⁸. Der Hautschnitt sollte am dorsalen Arm ca. 7 bis 15 cm proximal und ca. 5 bis 10 cm distal des Olekranons erfolgen. Einige Operateure umschneiden das Olekranon radial, andere machen einen geraden Schnitt.^{28, 32, 33} Zu beachten ist bei diesem Zugangsweg zum einen die Bursa olecrani, die möglichst geschont werden sollte, um später als Weichteildeckung des eingebrachten Synthesematerials dienen zu können. Wurde sie durch das Trauma bereits beschädigt, wird sie entfernt.²⁸ Zum anderen sollte man auch beim dorsalen Zugang den N. ulnaris aufsuchen und schützen, um Verletzungen durch das Operationsteam zu vermeiden.^{1, 4, 5, 28}

1.3.4.2.2 Operatives Vorgehen intraartikulärer Frakturen

Da insbesondere die intraartikulären Frakturen eine große Herausforderung für den Operateur darstellen, wird im Folgenden besonders auf das operative Vorgehen dieser Brüche eingegangen.

Voraussetzung für ein später gutes Ergebnis bei intraartikulären Frakturen ist die stufenfreie Gelenkwiederherstellung. Der Operateur benötigt hierfür einen freien Blick auf die kompletten Oberarmkondylen und wählt so idealerweise den oben beschriebenen dorsalen Zugangsweg, bei dem der Patient auf dem Bauch liegt und der Arm auf einer Armrolle platziert wird.²⁸

Nach dem Hautschnitt sollte der N. ulnaris aufgesucht und dargestellt werden^{1, 4, 5, 28, 33}. Er wird vom Austritt aus dem medialen Trizepsbauch bis zum Abgang des ersten motorischen Nervenasts dargestellt und mit einem „vessel loop“ umschlungen³. Ob eine regelhafte Transposition des N. ulnaris durchgeführt werden soll, wird kontrovers diskutiert. Chen et al. konnten eine höhere Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Neuritis ulnaris nach Transposition des Nervs nachweisen und empfehlen die routinemäßige Transposition somit nicht³⁴. Bei präoperativen Symptomen einer Ulnarisläsion konnten Ruan et al. allerdings ein Benefit durch die Transposition im Vergleich zur Dekompression des Nervs nachweisen, sodass in diesem Fall eine Transposition stattfinden sollte³⁵.

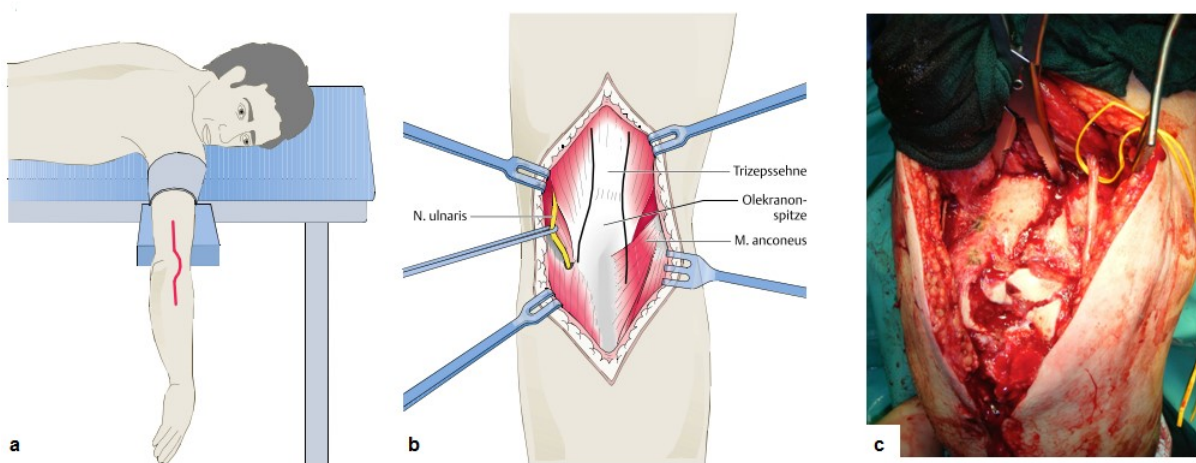


Abb. 10, a: Dorsaler Zugangsweg, radiale Umschneidung des Olekranons, Patient in Bauchlage, Arm auf Armrolle platziert; b: Blick auf das dorsal eröffnete Ellenbogengelenk mit Darstellung des N. ulnaris⁴, c: Blick auf das dorsal eröffnete Ellenbogengelenk mit Darstellung und Umschlingung des N. ulnaris eines unserer Patienten

Der im Anschluss an die Ulnarisdarstellung folgende Zugang zum Gelenk mit Sicht auf die Fraktur kann durch verschiedene Verfahren erreicht werden, auch hier herrscht keine Einigkeit über die optimale Vorgehensweise. Es gibt Zugangsmöglichkeiten über die Durchtrennung des M. triceps brachii (Triceps splitting, Gefahr der postoperativen Muskelschwäche), über eine Olekranonosteotomie oder über eine Mobilisierung des M. triceps nach oben (Triceps lifting) oder zur Seite (Triceps spa-

ring, Triceps reflecting) und dadurch Schonung der Muskelfasern und Umgehung einer Olekranonosteotomie³³.

Trotz der drohenden Komplikationen bei einer Olekranonosteotomie (Pseudarthrosenbildung, heterotope Ossifikation, Störung durch eingebrachtes Metall) ist dies das am häufigsten verwendete Verfahren, insbesondere bei komplexen intraartikulären Frakturen, da es die beste Sicht auf das Operationsfeld bietet, wie Wilkinson et al. nachweisen konnten³⁶⁻³⁸.

Die Rate an Pseudarthrosen kann minimiert werden, indem eine sogenannte Chevron-Osteotomie durchgeführt wird, die mit ihrem v-förmigen Verlauf und der damit verbundenen größeren Oberfläche später bessere Stabilität und schnellere Knochenheilung verspricht.²⁸ Das Olekranon-Teilstück wird für die Zeit der Operation nach proximal verlagert. Die Refixation erfolgt später meist mittels Zuggurtung. Olekranonnagel oder intramedulläre Schraube sind alternative Möglichkeiten.^{1, 3, 5, 17, 28}

Neben der besseren Sicht bei der Olekranonosteotomie zeigten sich in einer Untersuchung von Elmadag et al. zudem bessere funktionelle Ergebnisse im Vergleich zum Trizeps lifting, da beim Trizeps lifting durch die Durchtrennung des Trizepssehnenansatzes eine längere postoperative Immobilisation erfolgen muss³⁶.

Chen et al. konnten außerdem ebenfalls bessere funktionelle Ergebnisse nach der Behandlung mittels Olekranonosteotomie im Vergleich zur Operation mittels Triceps sparing zeigen³⁷.

Bei dem von O'Driscoll etablierten TRAP-Verfahren (Triceps reflecting anconeus pedicle, der M. anconeus soll hierbei geschont werden) ist die Übersicht über das Gelenk laut Wilkinson et al. etwas, aber nicht signifikant, schlechter als bei der Olekranonosteotomie. Allerdings konnten Azboy et al. eine geringere Komplikationsrate beim TRAP-Verfahren nachweisen. Beim funktionellen Outcome zeigten sich keine Unterschiede, lediglich der totale Bewegungsumfang war bei den Patienten, die mittels TRAP operiert wurden, besser.^{38, 39}

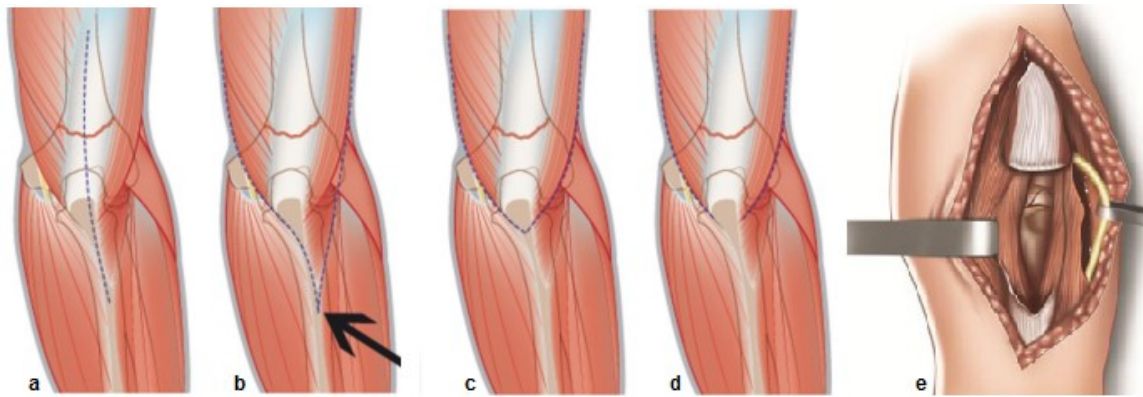


Abb. 11: Schematische Darstellung verschiedener Zugangswege zum Ellenbogengelenk, a: Zugang mittels Triceps splitting⁴⁰, b: Zugang mittels TRAP, Pfeil deutet auf Durchtrennungsstelle des Triceps-Anconeus-Muskellappens⁴⁰, c: Zugang mittels Olekranonosteotomie⁴⁰, d: Zugang mittels Triceps sparing⁴⁰, e: Zugang mittels Triceps lifting³⁶

Im Anschluss an Olekranonosteotomie, Tricepsdurchtrennung oder Tricepsmobilisation hat der Operateur Sicht auf die Fraktur und kann gegebenenfalls vorhandenes Fremdgewebe oder Hämatome beseitigen. Daraufhin sollte mit der stufenfreien Rekonstruktion der Gelenkfläche begonnen werden. Hierbei erfolgt zunächst die korrekte anatomische Rekonstruktion der Kondylen mittels vorübergehend eingebrachten Kirschnerdrähten und Repositionszangen. Im Anschluss werden die Gelenkblöcke transkondylär fixiert, wobei kanülierte Zugschrauben, die über die eingesetzten K-Drähte gebohrt werden, Verwendung finden. Falls nötig kann der reponierte und fixierte Gelenkblock zusätzlich durch eine Kortikalisschraube gesichert werden.^{1, 3, 4, 28} Defekte der Metaphyse können durch autogene Spongiosaplastik korrigiert werden^{1, 3-5, 28}.

Erst im Anschluss an die Rekonstruktion der Gelenkrolle wird diese an den distalen Oberarm refixiert. Dies geschieht durch zwei vorgeformte winkelstabile Platten, die am ulnaren und radialen Pfeiler des Oberarms angebracht werden.^{1, 3, 4, 28}

Diese Doppelplattenosteosynthese wird in der Literatur empfohlen, allerdings wird der Winkel, in dem die Platten angebracht werden, kontrovers diskutiert. Es gibt die Möglichkeiten einer Anbringung im 90°- und im 180°-Winkel.^{1, 3, 20}

Bei der beidseits lateralen Positionierung, also der Fixierung im 180°-Winkel, ist vorteilhaft, dass längere Schrauben in die distalen Fragmente eingebracht werden können^{41, 42}. Diese Methode ist technisch anspruchsvoller, der N. radialis sollte dargestellt und explizit geschont werden und nach der Weichteilabschwellung kann das Material tastbar sein. Zudem können sich überkreuzende Schrauben gegenseitig blockieren.^{1, 28} Neuere Studien empfehlen jedoch trotzdem die Anbringung im 180°-

Winkel aufgrund besserer biomechanischer Ergebnisse sowie aufgrund der so erreichten Schonung von Gefäßen, die für die Versorgung und damit Heilung des distalen Humerus verantwortlich sind^{43, 44}.

In jedem Fall sollte jedoch eine suprakondyläre Kompression erfolgen und darauf geachtet werden, dass die beiden angebrachten Platten proximal nicht auf der gleichen Höhe enden, da so eine bessere Verteilung der Belastung gewährleistet wird und keine Sollbruchstelle entsteht^{3, 28, 41}. Zudem dürfen die Platten distal nicht bis in die Fossa olecrani reichen, da sonst eine Streckhemmung droht⁴.

Um ein möglichst gutes operatives Ergebnis zu erzielen, formulierte O'Driscoll zudem einige „Regeln“ zur operativen Versorgung der distalen Humerusfraktur, welche zu einer höheren postoperativen Stabilität und damit zu einem besseren Outcome führen sollten und dem Operateur zur besseren Planung seiner Operation dienen können (Tab. 1)⁴¹:

Tab. 1: O'Driscoll-Regeln

O'Driscolls Regeln zur operativen Versorgung distaler Humerusfrakturen	
1.	Jede Schraube eines distalen Fragments sollte die Platte fixieren.
2.	Jede Schraube sollte ein gegenüberliegendes Knochenfragment greifen, welches zudem durch eine Platte fixiert werden soll.
3.	Im distalen Fragment sollten so viele Schrauben wie möglich eingebracht werden.
4.	Jede Schraube sollte so lange wie möglich sein.
5.	Jede Schraube sollte so viele an der Gelenkfläche beteiligte Fragmente greifen, wie nur möglich.
6.	Die Schrauben der distalen Fragmente sollten ineinander verzahnt und verwinkelt sein.
7.	Die Platten sollten so angebracht werden, dass eine suprakondyläre Kompression entsteht.
8.	Die Platten sollten stabil genug sein, um ein Brechen oder Verbiegen, insbesondere des suprakondylären Bereichs, vor der vollständigen Knochenheilung, zu vermeiden.

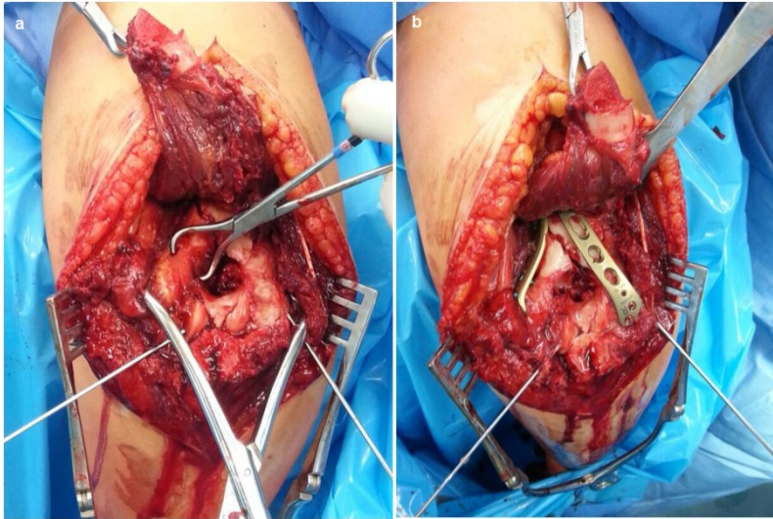


Abb. 12: intraoperative Sicht auf das Operationsfeld (dorsaler Zugangsweg mittels Olekranonosteotomie), a: vor Einbringen des Materials, vorläufige Fixierung mit Kirschnerdrähten und Zange, b: nach Einbringen der Plattenos-teosynthese in 90°-Stellung



Abb. 13: Röntgen- und CT-Bilder eines unserer Patienten mit Typ-C-Fraktur, a: präoperatives Röntgenbild des rechten Ellenbogens in a.p.- Aufnahme, b: präoperatives CT-Bild, c: postoperatives Röntgenbild mit eingebracht-em Material in a.p.- Aufnahme, d: postoperatives Röntgenbild mit eingebracht-em Material in lateraler Aufnahme

1.3.4.2.3 Endgültige Frakturversorgung mittels totaler Ellenbogenarthroplastie (TEA)

Der primäre Ellenbogengelenkersatz findet vor allem bei betagten Patienten mit osteoporotischem Knochen, komplizierten Trümmerfrakturen und Vorerkrankungen wie rheumatoider Arthritis Anwendung⁴⁰. Durch den Gelenkersatz ist zwar eine sofortige postoperative Mobilisation möglich und somit auch eine Rückkehr ins tägliche Leben⁴⁰. Zu beachten ist allerdings, dass vor allem Patienten mit hoher Compliance mit Endoprothetik versorgt werden sollten, da die Belastung des betroffenen Ellenbogens auf maximal 4,5 kg beschränkt ist und bestimmte Sportarten (Tennis, Golf) nicht mehr ausgeübt werden dürfen^{3, 45}. Somit sollte bei der Indikationsstellung für eine TEA nicht nur auf das biologische Alter der Patienten und die Komplexität der Fraktur geachtet werden, sondern auch auf den Anspruch des Patienten an die Funktionalität und Belastungsfähigkeit des betroffenen Ellenbogens⁴⁶

In Deutschland findet der Ellenbogengelenkersatz vor allem in Zentren Einsatz, die funktionellen Ergebnisse sind jedoch vielversprechend^{5, 47}.

1.3.5 Komplikationen

1.3.5.1 Frühkomplikationen

Mit 7 bis 20 % gehören Nervenschäden zwar zu den häufigen Komplikationen bei distalen Humerusfrakturen, sie verlaufen aber besonders bei primären Schäden (meist N. radialis) oft spontan reversibel⁴.

Bei den häufiger auftretenden iatrogenen Schäden ist meist der N. ulnaris betroffen, da er im Operationsgebiet verläuft und dort leicht gereizt werden kann^{1, 2, 48, 49}.

Mit einer Häufigkeit von 0 bis 12 % ist die Infektion eine weitere Komplikation. Risikofaktoren sind primärer Weichteilschaden und Schweregrad des Bruchs. Patienten mit Typ-C-Frakturen weisen die höchste Infektionsrate auf, Patienten mit offenen Frakturen haben in bis zu 30 % der Fälle mit einer Infektion des Wundgebiets zu rechnen.^{2,}

^{4, 21, 50, 51} Die Infektprophylaxe erfolgt bei geschlossenen Frakturen mit einer perioperativen Einmalgabe eines Antibiotikums, welches gut weichteil- und knochengängig ist, z.B. mit Cephalosporinen der dritten Generation. Bei offenen Frakturen oder starken Weichteilverletzungen sollte die Antibiotikagabe für einige Tage fortgeführt werden.⁵

Implantatlockerungen sind ebenfalls Komplikationen, die bei der Versorgung distaler Humerusfrakturen auftreten können, wobei meist der radiale Pfeiler des Oberarms betroffen ist. Das Alter der Patienten scheint dabei ein Risikofaktor zu sein. Bei jungen Patienten kommt eine Lockerung der Implantate in den seltensten Fällen vor, bei älteren Patienten tritt diese Komplikation mit einer Häufigkeit von 27 % auf und ist mit der schlechteren Knochenqualität zu begründen.⁴

Auch eine Drucksteigerung im Operationsgebiet bis hin zum Kompartmentsyndrom kann als Komplikation der distalen Humerusfraktur auftreten, insbesondere wenn ein großer primärer Weichteilschaden oder die Verletzung eines Gefäßes vorliegt⁵². Hierbei ist meist die A. brachialis betroffen, sie kann mit einer Häufigkeit von 1 bis 3 % glücklicherweise aber zu den seltenen Komplikationen gezählt werden.⁴

1.3.5.2 Spätkomplikationen

Spätkomplikationen, die nach der Operation distaler Humerusfrakturen auftreten, betreffen vor allem das Bewegungsausmaß des betroffenen Ellenbogens und können Folge einer nicht ausreichenden Reposition und anatomischen Rekonstruktion des Gelenkes oder auch einer heterotopen Ossifikation sein⁴.

Die Häufigkeit der heterotopen Ossifikation wird in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben und reicht von 0 bis 50 %^{4, 5, 53-56}. Häufiger tritt diese Komplikation bei starken Weichteiltraumata auf, zudem wird der Zusammenhang mit dem Vorliegen eines Schädel-Hirn-Traumas diskutiert⁴. Therapeutisch behandlungsbedürftig ist allerdings nur die Hälfte der Fälle, 50 % der Ossifikationen sind lediglich radiologisch nachweisbar und gehen mit keiner Bewegungseinschränkung einher¹. Vorgebeugt werden kann dieser Komplikation durch eine 2- bis 6-wöchige Gabe nichtsteroidaler Antirheumatika oder der Bestrahlung des Operationsgebiets^{4, 28, 54, 55}.

Darüber hinaus kann es durch unzulängliche oder sekundär versagende Osteosynthesen zu einer verzögerten oder sogar ganz ausbleibenden Frakturheilung kommen⁵. Die Pseudarthrose des Humerus wird in der Literatur mit Raten von 3 bis 11 % angegeben^{4, 57}. Ursachen sind hier oft insuffiziente Osteosynthesen und Überbelastung der betroffenen Extremität⁴. Bei der Vermeidung dieser postoperativen Komplikation spielt vor allem die Nutzung bester Implantate und eine schonende Präparation ohne das Beschädigen des Periosts der Fragmente eine große Rolle. Zudem sollte bei metaphysären Defekten die Indikation für den Knochenersatz mittels autogenem Transplantat oder anderer geeigneter Materialien großzügig gestellt werden.⁵ Zu unterscheiden ist die Frakturpseudarthrose des Humerus von der Osteotomiepseudarthrose des Olekranons, die mit 1 bis 5 % seltener vorkommt.^{2, 4, 53}

1.3.6 Postoperative Nachbehandlung

Die Nachbehandlung distaler Humerusfrakturen folgt dem Konzept der möglichst frühen Bewegungstherapie unter Schmerzfreiheit, da so der Nutzen für die Patienten besonders hoch ist und das angestrebte Ziel, die für alltägliche bzw. berufliche Tätigkeiten erforderlichen Bewegungsausmaße wiederherzustellen, am besten erreicht werden kann^{28, 58}. Dem Patienten sollte zudem die Schwere seiner Verletzung bewusst sein, damit er auch bei der postoperativen Nachbehandlung, v.a. bei physikalischer Therapie, motiviert mitarbeitet und sie zu Hause weiterführt²⁸.

Die Belastbarkeit des Ellenbogens hängt von Knochenqualität, eingebrachtem Synthesematerial und begleitenden Bandverletzungen ab und sollte vom Operateur festgelegt werden, im ersten Monat jedoch nicht über das Ausmaß Extension / Flexion 0° / 30° / 110° hinausgehen^{1, 4, 28}. Die Stabilitätsprüfung findet intraoperativ vor dem definitiven Wundverschluss unter Durchleuchtung statt. Allerdings ist zu beachten,

dass die volle Belastung des Ellenbogens frühestens nach acht Wochen erfolgen sollte, wenn die Frakturheilung nachgewiesen werden konnte.²⁸

Bereits am zweiten oder dritten postoperativen Tag kann, sofern die Osteosynthese übungstabil ist, mit der krankengymnastischen Beübung des Ellenbogengelenks begonnen werden^{1, 4, 5, 17, 28, 59}. Bei Patienten mit Osteoporose ist eine längere Ruhigstellung zu empfehlen, da durch die schlechte Knochenqualität eine Lockerung der eingebrachten Schrauben möglich ist^{5, 17, 60}.

Bei der physikalischen Therapie erfolgt zunächst passives Üben²⁸. Wenn dies gut toleriert wird, kann eine Motorschiene zum Einsatz kommen, deren Einsatz auch nach der Entlassung des Patienten hilfreich und wünschenswert ist^{4, 5, 28}.

Bei der auf die passive Beübung folgenden aktiv-assistierten Bewegungsübung soll der Patient den verletzten Ellenbogen maximal flektieren, wobei er mit seinem gesunden Arm versuchen kann, eine noch stärkere Beugung zu erzielen. Die Streckung des Ellenbogens wird durch Auflegen des Armes beispielsweise auf einer Tischplatte geübt. Das bloße Eigengewicht, aber auch Hanteln oder der gegenseitige Arm helfen, eine stärkere Extension zu erreichen.²⁸

Eine Metallentfernung sollte frühestens nach 18 bis 24 Monaten erfolgen. Voraussetzung sollte die abgeschlossene, radiologisch gesicherte Frakturheilung sein. Aufgrund der hohen Gefahr einer iatrogenen Nervenverletzung ist die Indikation vorsichtig zu stellen und nur durchzuführen, wenn das eingebrachte Material ohne Zweifel zu angeführten Beschwerden führt.⁵

1.3.7 Prognose

Die Ergebnisse nach Behandlung distaler Humerusfrakturen hängen von Frakturtyp, Grad der Osteoporose, Beginn der Physiotherapie und aufgetretenen Komplikationen ab¹.

Pseudarthrosen sind dank der meist adäquaten primären operativen Versorgung selten, selbst sekundäre Frakturdislokationen führen häufiger zu falsch verheilten Frakturen als zu Pseudarthrosen¹.

Bewegungseinschränkungen verbleiben bei den meisten Patienten, sind allerdings eher auf die Weichteiladhäsionen zurückzuführen als auf knöcherne Defizite⁴. Die Streckhemmung wird mit 23 bis 26° und die maximale Flexion mit 99 bis 115° angegeben^{50, 61}. Große Beugedefizite sind für die Funktion des Ellenbogens gravierender, aber auch seltener^{1, 4}.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Datengewinnung

Von 1999 bis 2010 wurden im Universitätsklinikum Mannheim 81 Patienten im Alter von 15 bis 94 Jahren mit einer distalen Humerusfraktur aufgenommen und operativ versorgt. In einem Fall lagen Frakturen beider Ellenbogen vor, weshalb es sich also um 82 distale Humerusfrakturen handelte.

Nach einem positiven Ethikvotum zur Durchführung unserer Studie wurden die betroffenen Patienten von uns telefonisch oder per Post zu einem Nachuntersuchungstermin eingeladen.

Von 35 Frakturen (42,6 %) konnten wir die Patienten an einem Termin persönlich nachuntersuchen, 17 Patienten (20,7 %) beantworteten Fragen zu ihrem Gesundheitszustand mit Hilfe eines per Post gesendeten Fragebogens und von 30 Patienten konnten wir keine Nachuntersuchungsdaten erheben (36,7 %).

Von den 30 Patienten, die nicht an der Studie teilnahmen, waren 12 bereits verstorben, 11 weder telefonisch noch per Post erreichbar, 3 litten an Demenz und weitere 4 zeigten kein Interesse an der Studie.

Die Daten der Patienten wurden retrospektiv aus Patientenakten und Röntgenbildern des Orthopädisch–Unfallchirurgischen Zentrums des Universitätsklinikums Mannheim, aus Fragebögen und einer klinischen Nachuntersuchung gewonnen.

Zu Beginn der Arbeit wurden Akten aus dem Archiv, elektronische Akten und Operationsberichte durchgesehen. Ihnen wurden die Informationen zu Name, Geburtsdatum, Geschlecht, Unfalldatum, Unfallhergang, betroffener Extremität, Operationsdatum, Operationsart, Begleitverletzungen, Vorerkrankungen, Komplikationen, Reoperationen und Nervenverletzungen entnommen.

Mit Hilfe der Röntgenbilder wurden die Frakturen anhand der AO-Klassifikation eingeteilt. Zudem wurde darauf geachtet, ob neben der Fraktur auch eine Luxation des Ellenbogens vorlag.

Patienten, denen es nicht möglich war, zu einer Nachuntersuchung in die Klinik zu kommen, wurde per Post ein Fragebogen zugeschickt (siehe Anhang). Dieser beinhaltete neben allgemeinen Angaben zu Name, Geburtsdatum und Adresse auch Angaben zu Größe, Gewicht, Händigkeit und Seite des verletzten Arms. Es wurde nach dem aktuellen Schmerzempfinden und der Zufriedenheit gefragt, der Mayo Elbow Performance Score, der Aktivitätsscore nach Morrey und der Subjective Elbow Value

wurden erhoben und die Patienten sollten Angaben zu eventuellen Nachoperationen, Nervenschäden und anderen Erkrankungen machen. Anhand mitgeschickter Beispielabbildungen konnten die Patienten Angaben zur Beweglichkeit ihrer beider Arme machen.

Patienten, die zur Nachuntersuchung in das Klinikum kamen, bekamen denselben Fragebogen wie Patienten, die nur per Post antworteten. Darüber hinaus erfolgte eine klinische Untersuchung sowie, falls medizinisch indiziert, eine radiologische Kontrolle.

2.2 Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung der Patienten war klinisch orientiert. Nach Fragen zu Händigkeit, Metallentfernungen, neurologischen Beschwerden oder anderen Erkrankungen machten die Patienten Angaben zu den Punkten, die für die Erhebung der verschiedenen Scores nötig waren (Stabilität, Schmerzen, Alltagsaktivitäten).

Im Anschluss erfolgte die klinische Untersuchung. Durchgeführt wurden Inspektion und Palpation, Armumfang- und Armlängenmessung, Messung des Bewegungsausmaßes sowohl von Extension und Flexion als auch von Pronation und Supination, ein neurologischer Test und das Tasten der beiden Unterarmpulse.

2.2.1 Inspektion und Palpation

Die Inspektion erfolgte bei ausgestrecktem Arm. Die Narbenverhältnisse konnten so beurteilt werden, eventuell hervorstehende Metallteile konnten palpiert und Druckschmerzpunkte ausgemacht werden. Auch ein mögliches Streckdefizit konnte hier schon auffallen.

2.2.2 Armlänge und Armumfang

Die Armlänge wurde entlang fester Knochenpunkte mit einem flexiblen Maßband ausgemessen. Dies erfolgte für jeden Arm von Acromion bis Processus styloideus radii. Der Armumfang wurde am Oberarm 15 cm proximal und am Unterarm 10 cm distal des Epicondylus radialis humeri ebenfalls mittels eines flexiblen Maßbandes gemessen.

2.2.3 Bewegungsausmaße

Die Bewegungsausmaße beider Arme wurden mit der Neutral-Null-Methode unter Zuhilfenahme eines Winkelmessers bestimmt. Das Messen von Extension und Flexion erfolgte bei ausgestrecktem Arm, Pro- und Supination wurden beim am Körper anliegenden Oberarm und 90° angewinkelten Ellenbogen ermittelt, um falsche Ergebnisse durch das Mitbewegen anderer Gelenke zu vermeiden.

2.2.4 Neurologischer Test

Die Patienten wurden gefragt, ob sie Taubheitsgefühle, Pelzigkeit, ein Kribbeln oder andere Gefühlsstörungen bei sich bemerkten. Im Anschluss bestrich der Untersucher mit seinen Fingerkuppen im Seitenvergleich die Dermatome von Arm und Hand. Besonderes Augenmerk wurde auf die den Nn. ulnaris, medianus und radialis zugehörigen Dermatome gelegt. So konnten Defekte den einzelnen Nerven zugeordnet werden.

2.2.5 Durchblutung

Die Durchblutung der Arme wurde orientierend durch Tasten der Pulse von A. radialis und A. ulnaris getestet.

2.2.6 Röntgen

Um eine Strahlenbelastung zu vermeiden, wurden nur Röntgenbilder bei unklaren Beschwerden, schlechten Ergebnissen, zur Kontrolle oder auf Wunsch der Patienten angefertigt.

2.3 Scores

In den Fragebögen, die die Patienten erhielten, wurden verschiedene Scores bestimmt, die helfen sollten, die Behandlungsergebnisse der einzelnen Patienten und die Ellenbogenfunktionen zu objektivieren und miteinander zu vergleichen. Im Folgenden werden die einzelnen Scores genauer beschrieben.

2.3.1 Mayo Elbow Performance Score (MEPS)

Der Mayo Elbow Performance Score ist einer der häufigsten, um den Behandlungsverlauf von Ellenbogenverletzungen zu bestimmen^{62, 63}. Er setzt sich aus verschiedenen Kriterien zusammen: Schmerz, Bewegungsumfang, Stabilität und fünf Alltagsaktivitäten. Zu Schmerz, Stabilität und den Aktivitäten kann der Patient Angaben machen, der Bewegungsumfang wird vom Untersucher erfasst.

Für die verschiedenen Kriterien werden Punkte vergeben, die maximal zu erreichende Punktzahl beträgt 100 (Minimum 5). Je höher also die vom Patienten erreichte Punktzahl, desto geringer ist das Defizit des verletzten Ellenbogens.

Leidet der Patient nicht unter Schmerzen, erhält er 45 Punkte, klagt er über geringe Schmerzen, bekommt er noch 30 Punkte, 15 Punkte werden für moderate Schmerzen vergeben und 0 Punkte für starke Schmerzen.

Kann der Patient seinen Ellenbogen noch um mehr als 100° bewegen, bekommt er 20 Punkte, ist der Bewegungsumfang auf 50 bis 100° beschränkt, ergibt das 15 Punkte und ein Bewegungsumfang kleiner 50° resultiert in 5 Punkten.

Als drittes wird beim MEPS die Stabilität des Ellenbogens erfragt. Beurteilt der Patient seinen Arm als stabil, entspricht das einer Punktzahl von 10, ist der Arm etwas instabil entspricht es 5 Punkten und 0 Punkte entsprechen einem sehr instabilen Ellenbogen.

Als letztes wird erfragt, ob folgende fünf Alltagsaktivitäten noch möglich sind: Haare kämmen, selbständig mit Besteck essen, selbständige Körperpflege (rektal), Unterhemd anziehen und Schuhe anziehen. Für jede noch mögliche Aktivität sind 5 Punkte zu vergeben, ist eine Funktion nicht mehr möglich, müssen 0 Punkte vergeben werden.

Wie bei der Punktevergabe ersichtlich, basiert der MEPS vor allem auf Angaben zu Schmerz und Bewegung, da in diesen Bereichen die meisten Punkte vergeben werden können. Einen exzellenten Behandlungsverlauf sieht man ab einer Punktzahl von 90 gegeben, 75 bis 89 Punkte sind gut, 60 bis 74 werden als befriedigend angesehen und weniger als 60 Punkte gelten als ungenügend^{62, 63}.

Tab. 2: Punktevergabe beim Mayo Elbow Performance Score

Schmerz	Punktzahl
kein Schmerz	45
geringer Schmerz	30
moderater Schmerz	15
starker Schmerz	0
Bewegungsbogen	
Bogen > 100°	20
Bogen 50 - 100°	15
Bogen < 50°	5
Stabilität	
Stabil	10
etwas instabil	5
sehr instabil	0
Funktion	
Haare kämmen	5
selbständig essen (Besteck)	5
selbständige Körperpflege (rektal)	5
Ankleiden ist möglich (Unterhemd)	5
Schuhe anziehen ist möglich	5

2.3.2 Aktivitätsscore nach Morrey (ASM)

Der Aktivitätsscore nach Morrey erfasst, wie gut der betroffene Ellenbogen bei wichtigen Alltagsaktivitäten noch einsetzbar ist.

Hierfür bewertet der Patient die 14 in Tabelle 3 aufgelisteten Funktionen. Wie auch schon beim Mayo Elbow Performance Score sind auch hier die Aktivitäten Haare kämmen, rektale Hygiene, mit Besteck essen und Unterhemd anziehen zu finden. Hinzu kommen: gegenseitigen Unterarm waschen, auf der Schulter schlafen, Geldbeutel benutzen, Hand auf Schulterhöhe benutzen, fünf Kilogramm an der Seite tragen, über Kopf arbeiten, Gegenstände hochheben, Gegenstände ziehen bzw. werfen, das Verrichten gewöhnlicher sportlicher Aktivitäten sowie gewöhnlicher Arbeiten. Ist eine Aktivität noch gut möglich, wird dafür 1 Punkt vergeben, wird eine Aktivität aber mit schlecht oder nicht möglich bewertet, wird kein Punkt vergeben.

Die höchste zu vergebende Punktzahl ist 14. Bei 11 bis 14 erreichten Punkten hat der Patient eine volle Gebrauchsfähigkeit, bei 6 bis 10 Punkten eine bedingte Gebrauchsfähigkeit und unter 6 Punkten spricht man von einem minimal gebrauchsfähigen Ellenbogen.

Tab. 3: Punktevergabe beim Aktivitätsscore nach Morrey

Aktivität	gut möglich	schlecht / nicht möglich
Haare kämmen	1	0
mit Besteck essen	1	0
rektale Hygiene	1	0
Unterhemd anziehen	1	0
gegenseitigen Unterarm waschen	1	0
auf der Schulter schlafen	1	0
Geldbeutel benutzen	1	0
Hand auf Schulterhöhe benutzen	1	0
5 kg an der Seite tragen	1	0
über Kopf arbeiten	1	0
Gegenstände hochheben	1	0
gewöhnliche sportliche Aktivitäten	1	0
Gegenstände ziehen / werfen	1	0
gewöhnliche Arbeiten verrichten	1	0

2.3.3 Visuelle Analogskala Schmerzen (VAS)

Die visuelle Analogskala ist eine in allen medizinischen Fachgebieten gängige Skala, um z.B. die subjektive Schmerzstärke zu ermitteln⁶⁴.

Die Skala, welche in unserer Studie verwendet wurde, reicht von 0 bis 10 und gibt die durchschnittlichen Schmerzen der Patienten in der vergangenen Woche an. Auf einem wie unten abgebildeten Bild kann der Patient seine aktuelle Schmerzintensität eintragen. 0 Punkte werden für gar keine Schmerzen vergeben und 10 Punkte für den maximal vorstellbaren Schmerz.

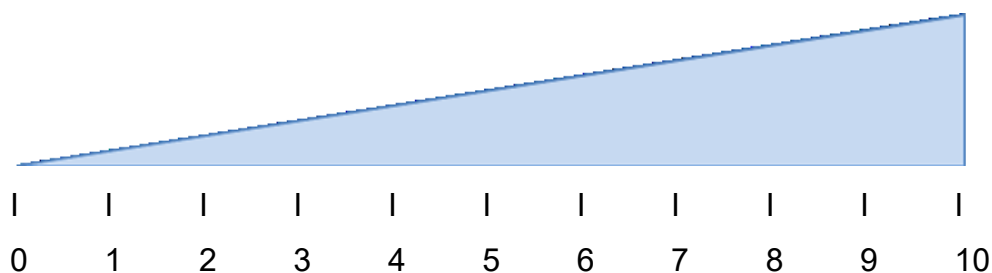


Abb. 14: Visuelle Analogskala für Schmerzen

2.3.4 Subjective Elbow Value (SEV) und Zufriedenheit

Der Subjective Elbow Value soll sich an dem schon existierenden Subjective Shoulder Value (ein rein subjektiver Score) orientieren⁶⁵. Er soll dazu dienen, das Ergebnis des verletzten Ellenbogens rein subjektiv zu beurteilen.

Die Patienten konnten ihrem verletzten Arm eine Punktzahl von 0 bis 100 geben, wobei 100 gleichzusetzen ist mit ihrem gesunden Arm, der optimal funktionsfähig und schmerzfrei ist und mit dem die Patienten zu 100% zufrieden sind.

Zusätzlich konnten die Patienten mit einer einfachen Ja-Nein-Frage angeben, ob sie mit dem Ergebnis ihres verletzten Ellenbogens generell zufrieden sind oder nicht.

2.3.5 Schweregrad nach Estève

Bei der Schweregradeinteilung nach Estève handelt es sich um eine Einteilung, die lediglich die Beweglichkeit des betroffenen Ellenbogens beurteilt. Herangezogen wird dazu der Bewegungsumfang von Extension und Flexion. Pronation und Supination werden außer Acht gelassen. Es gibt bei dieser Einteilung vier Abstufungen (Tab. 4). Der betroffene Ellenbogen gilt als leicht beeinträchtigt, wenn ein Bewegungsumfang von mehr als 90° noch möglich ist, eine moderate Beeinträchtigung ist bei einer noch zu erreichenden Beweglichkeit von 61 bis 90° vorhanden, eine schwere Beeinträchtigung bei einer Beweglichkeit von 31 bis 60° und eine sehr schwere Beeinträchtigung bei einer Beweglichkeit von 0 bis 30°.

Tab. 4: Schweregradeinteilung nach Estève

Beeinträchtigung	Beweglichkeit
Leicht	> 90°
moderat	61 - 90°
schwer	31 - 60°
sehr schwer	0 - 30°

2.4 Datenauswertung

Mit Microsoft Excel 2007[®] wurde eine Tabelle erstellt, in welche die Patientendaten eingetragen wurden. Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 9.3[®]. Hierbei fanden verschiedene Tests ihre Anwendung.

Mit dem Mittelwert wurden zum Beispiel Alter und Follow-up angegeben, aber auch die Ergebnisse einiger medizinischer Scores (Mayo Elbow Performance Score, Aktivitätsscore nach Morrey, Subjective Elbow Value, Visuelle Analogskala), da es sich hierbei trotz ordinalskalierten Werte um genügend Merkmale bei möglichen Werten von 0 - 100, 0 - 10 und 0 – 14 handelte.

Nominalvariablen wurden mit Hilfe des Fishers Exact Test getestet, wie zum Beispiel der Vergleich zwischen Geschlecht und Zufriedenheit.

Mittels T-Test wurden zwei unverbundene Stichproben miteinander verglichen, die Daten waren dabei normalverteilt. In unserer Studie wurde so beispielsweise das Alter mit der Zufriedenheit verglichen.

Mittels U-Test nach Mann-Whitney- Wilcoxon wurden ebenfalls zwei unverbundene Stichproben miteinander verglichen, die Daten waren nicht normalverteilt. Bei uns war dies zum Beispiel beim Vergleich des Geschlechts mit dem Scoreergebnis des Mayo Elbow Performance Score der Fall.

Den Kruskal-Wallis-Test wendeten wir an bei mehr als zwei unverbundenen Stichproben, wobei die Daten nicht normalverteilt waren, wie beispielsweise bei dem Vergleich von Unfallhergang und dem Ergebnis des Mayo Elbow Performance Score.

Im Gegensatz dazu wurde die Varianzanalyse angewandt bei normalverteilten Daten bei mehr als zwei Stichproben, wie zum Beispiel beim Vergleich des Alters mit dem Schweregrad nach Estève.

Zum Schluss wurde noch mit Hilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman die Korrelation der medizinischen Scores getestet, welcher stabil gegenüber Ausreißern ist und eine Korrelation auch dann erlaubt, wenn keine Normalverteilung der Ergebnisse vorliegt.

Signifikante Ergebnisse lagen vor bei einem p-Wert $\leq 0,05$.

Das Verfassen der Arbeit erfolgte mit Microsoft Word 2007®, Grafiken wurden mittels Microsoft Excel 2007® erstellt.

3 ERGEBNISSE

Wie bereits im Abschnitt Material und Methoden erwähnt, konnten von den 82 distalen Humerusfrakturen Nachuntersuchungsdaten von 52 Brüchen (63,4 %) erhoben werden. 35 Frakturen wurden von uns klinisch untersucht, die restlichen 17 Patienten antworteten auf unseren per Post versendeten Fragebogen.

3.1 Geschlechterverteilung

22 der Frakturen lagen bei Männern vor, 30 bei Frauen, was einem Anteil von 42,3 % und 57,7 % entspricht. Demnach waren Frauen 1,36 Mal häufiger betroffen als Männer.

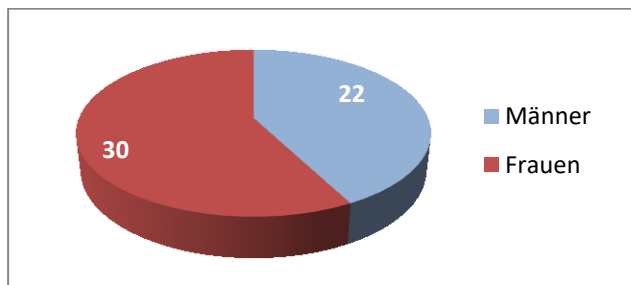


Abb. 15: Geschlechterverteilung (n=52)

3.2 Altersverteilung

Zum Unfallzeitpunkt lag die Altersverteilung im Mittel bei 52,2 Jahren (Median 51 Jahre; Standardabweichung 20,2 Jahre), der jüngste Patient war 15 Jahre alt, der älteste war 82 Jahre alt. Frauen im Alter von 61 bis 80 Jahren waren am häufigsten betroffen.

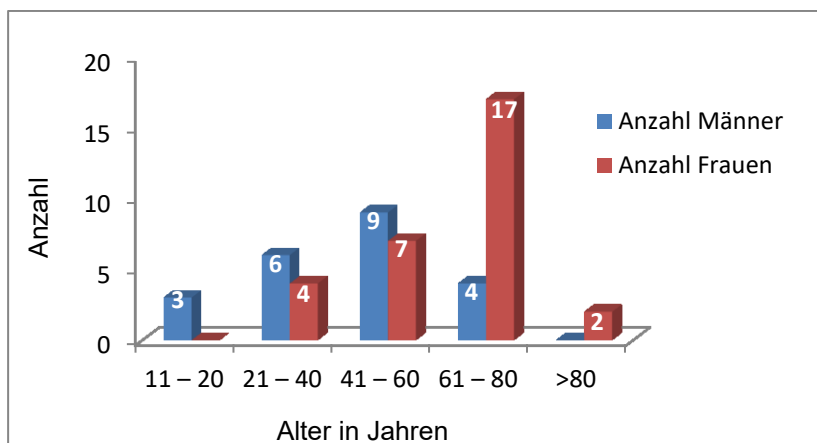


Abb. 16: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt des Unfalls (n=52)

Die nachuntersuchten Patienten waren im Durchschnitt 57,9 Jahre alt (Median 60,5 Jahre; Standardabweichung 19,8 Jahre). Der jüngste Patient war 18, der älteste 89 Jahre alt.

Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich nach 64,4 Monaten statt (Minimum 12 Monate; Maximum 129 Monate).

3.3 Links-Rechts-Verteilung

25 Patienten (48,1 %) zogen sich eine Fraktur des linken und 27 (51,9 %) eine Fraktur des rechten Ellenbogens zu. Die Links-Rechts-Verteilung ist folglich nahezu ausgeglichen.

Im Nachuntersuchungskollektiv befanden sich 6 Linkshänder (11,5 %) und 46 Rechtshänder (88,5 %). 29 von ihnen (55,8 %) erlitten eine Fraktur der dominanten Seite, 23 (44,2 %) der nicht dominanten Seite.

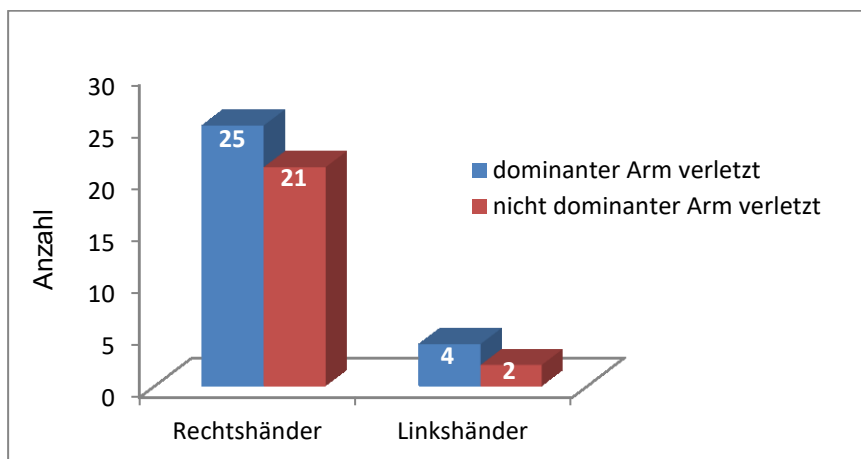


Abb. 17: Verteilung des verletzten Arms in Bezug zu Händigkeit und Dominanz (n=52)

3.4 Unfallhergang

In unserem Patientenkollektiv konnte man die Unfallursachen in Sturz, Verkehrsunfall und Armdrücken einteilen. In Abbildung 18 sieht man die Verteilung der jeweiligen Ursachen.

Mit 37 Patienten und einem Prozentsatz von 71,2 % war der Sturz die weitaus häufigste Unfallursache. Die Patienten stürzten meist in häuslicher Umgebung, ein Patient zog sich Frakturen beider Ellenbogen bei einem Sturz aus großer Höhe zu, ein anderer erlitt bei einem Sturz aufgrund einer Explosion die distale Humerusfraktur.

Auf den Sturz als Unfallursache erfolgt der Verkehrsunfall, der mit 13 Patienten und 25 % schon deutlich seltener war: 9 Patienten erlitten einen Fahrradunfall, 4 Patienten einen Motorradunfall. Das Armdrücken (2 Patienten; 3,8 %) spielte kaum eine Rolle.

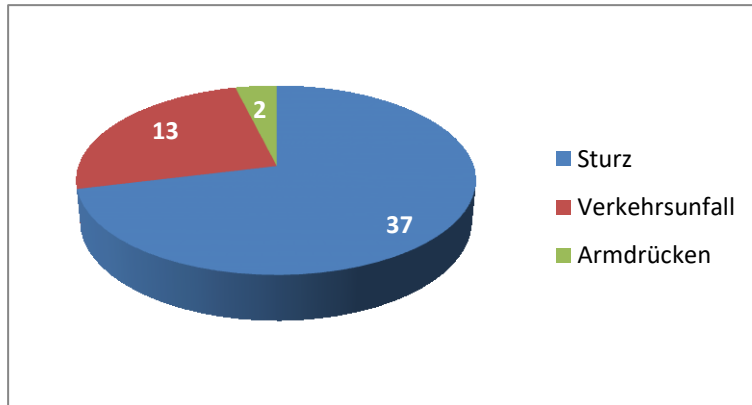


Abb.18: Unfallursachen unseres Patientenkollektivs (n=52)

3.5 Klassifikation

Mit Hilfe der bereits erwähnten AO-Klassifikation wurden die Frakturen unseres Patientenkollektivs eingeteilt. In Abbildung 19 kann man die Häufigkeiten der klassifizierten Frakturen erkennen.

Mit weitem Abstand am häufigsten kamen C-Frakturen vor (33 Patienten; 63,5 %). B-Frakturen (11 Patienten; 21,2 %) und A-Frakturen (8 Patienten; 15,4 %) waren seltener zu finden.

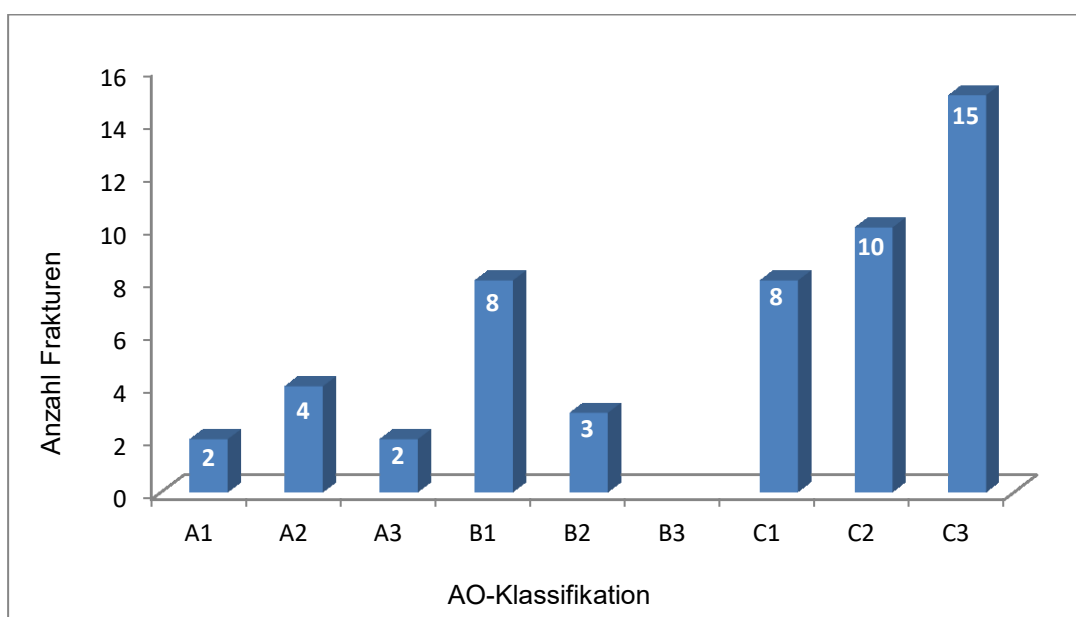


Abb. 19: Verteilung der vorhandenen Frakturen unseres Patientenkollektivs (n=52)

3.6 Offene und geschlossene Frakturen und deren Klassifikation

Bei unserem Patientenkollektiv lagen 15 offene (28,9 %) und 37 geschlossene (71,1 %) Frakturen vor.

14 der offenen Frakturen waren C-Frakturen (93,3 %), 1 offene Fraktur war eine A-Fraktur (6,7 %). Unter den geschlossenen Frakturen fanden sich 7 A-Frakturen (18,9 %), 11 B-Frakturen (29,7 %) und 19 C-Frakturen (51,4 %).

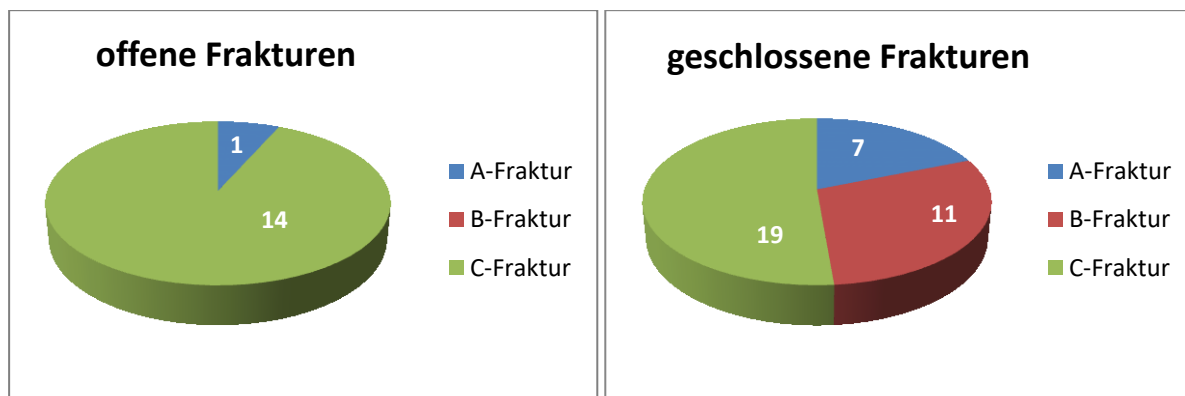


Abb. 20: Klassifikation der offenen (n=15) und geschlossenen (n=37) Frakturen

3.7 Begleitverletzungen

Bei 10 von 52 Patienten (19,2 %) kam es neben der distalen Humerusfraktur zu weiteren Verletzungen.

Mit jeweils 5 Fällen (jeweils 9,6 %) waren die Frakturen am gleichen Arm und Frakturen an Becken oder unterer Extremität die häufigsten Begleitverletzungen. Polytraumata (4 Patienten; 7,7 %) und Schädelhirntraumata (4 Patienten; 7,7 %) waren seltener, Frakturen am gegenseitigen Arm (2 Patienten; 3,9 %), an Clavicula oder Scapula (3 Patienten; 5,8 %) und Wirbelsäule (1 Patienten; 1,9 %) spielten eine noch geringere Rolle.

3.8 Operationsverfahren

39 unserer Patienten (75 %) wurden einzeitig versorgt, 13 Patienten (25 %) zweizeitig, d.h. die Fraktur wurde zunächst mittels Fixateur externe stabilisiert. Bei den zweizeitig versorgten Patienten handelte es sich in 12 Fällen um C-Frakturen und in 1 Fall um eine B-Fraktur.

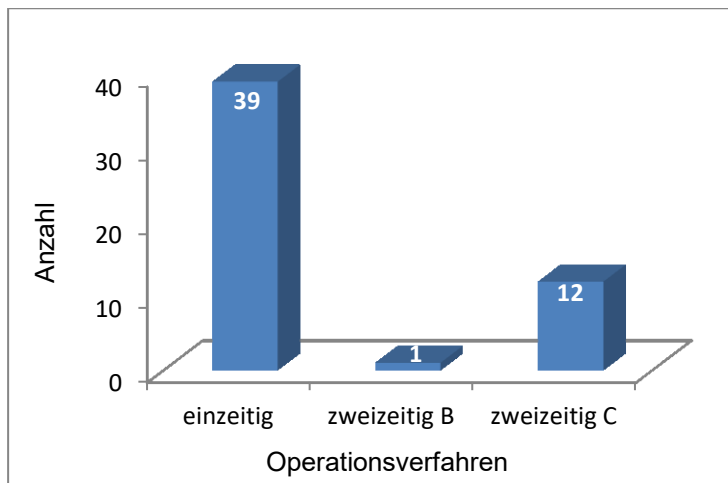


Abb. 21: Verteilung von ein- und zweizeitigen Operationen unseres Kollektivs, zweizeitige Operationen aufgeschlüsselt in B- und C-Frakturen (n=52)

3.9 Vorerkrankungen

In unserem Patientenkollektiv fanden sich 36 Patienten (69,2 %), die bereits an einer anderen Erkrankung litten.

Am häufigsten fand sich die Herz-Kreislauf-Erkrankung (19 Patienten, 36,5 %), gefolgt von Diabetes (14 Patienten, 26,9 %), Arthrose (7 Patienten, 13,5 %), Adipositas und Osteoporose (jeweils 6 Patienten, 11,5 %).

3.10 Zweitoperationen

Von unserem Kollektiv an nachuntersuchten Patienten wurden 25 (48,1 %) noch einmal operiert. 18 dieser Patienten (72 %) entschieden sich für eine elektive Metallentfernung, 4 Patienten (16 %) bekamen eine Infektion des Wundgebiets und mussten deshalb reoperiert werden, 2 Patienten (8 %) litten an einer ossären Defektheilung und bekamen eine Spongiosaplastik und bei 1 Patienten (4 %) hatte sich das Osteosynthesematerial gelockert.

Bei der Nachuntersuchung allerdings waren auch die Frakturen dieser Patienten ausgeheilt.

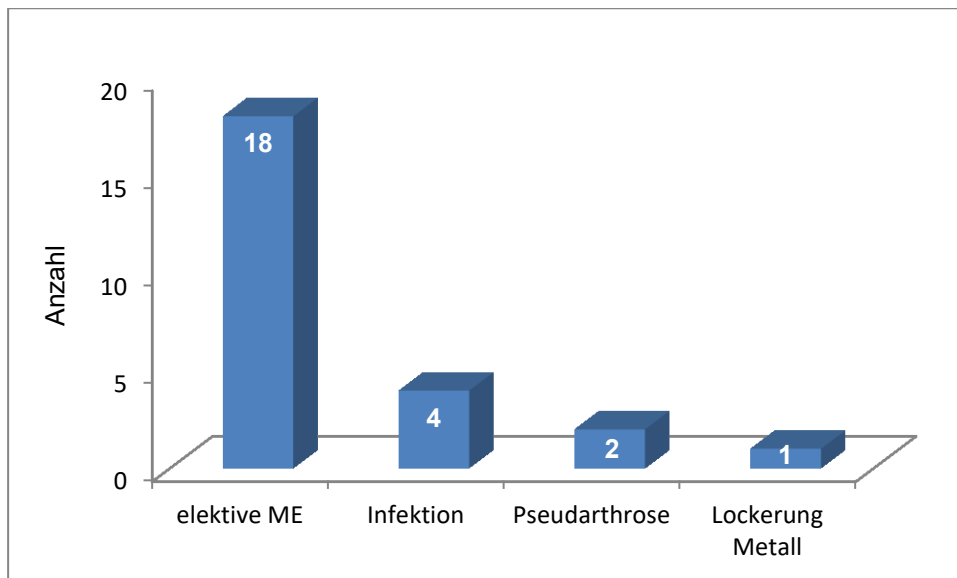


Abb. 22: Häufigkeit und Gründe für Reoperationen unserer Patienten (n=25); ME = Metallentfernung

3.11 Komplikationen

Insgesamt waren 15 unserer Patienten (28,8 %) von einer Komplikation betroffen.

Bei 4 der 52 nachuntersuchten Patienten (7,7 %) kam es zu einer postoperativen Infektion. In allen 4 Fällen wurde eine Wundrevision durchgeführt, 1 Patientin benötigte zusätzlich eine Spalthauttransplantation.

Unter einer erneuten Fraktur hatte 1 Patientin zu leiden (1,9 %), 2 Patienten (3,8 %) litten unter ossärer Defektheilung, die allerdings zum Untersuchungszeitpunkt ausgeheilt waren.

Die häufigste Komplikation war mit 11 Fällen (23,1 %) die Nervenverletzung.

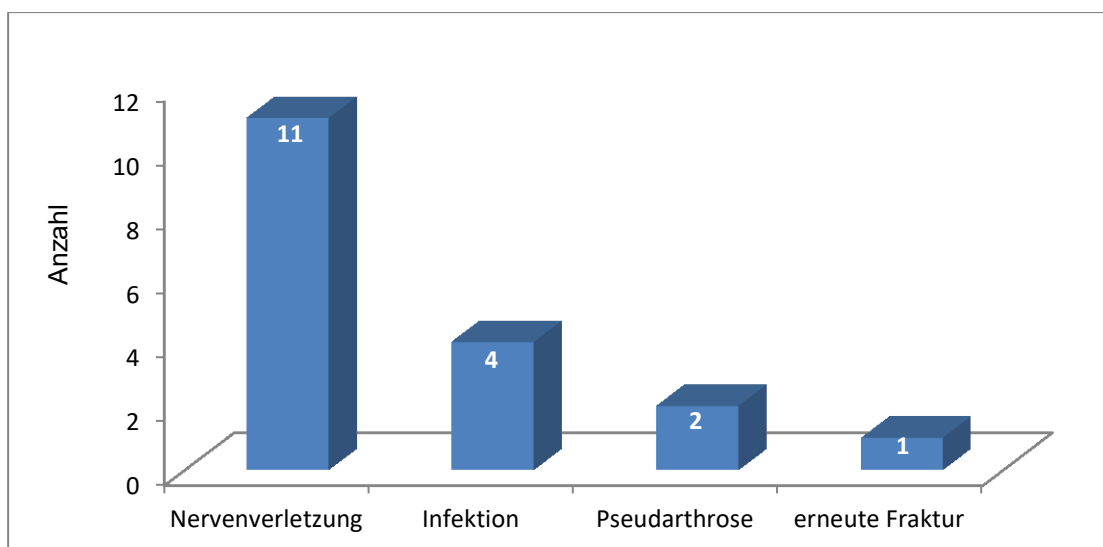


Abb. 23: Komplikationen und ihre Häufigkeiten bei unserem Patientenkollektiv (n=15, einige Patienten litten an mehreren Komplikationen)

Der am häufigsten verletzte Nerv war der N. ulnaris, er war bei allen Nervenverletzungen betroffen. 1 Patient hatte eine Kombination aus den verletzten Nerven Nn. ulnaris und radialis.

In allen 11 Fällen fanden sich bei unseren Patienten Sensibilitätsstörungen, bei einem Patienten (9,1 %) fand sich zusätzlich ein motorischer Schaden des N. radialis.

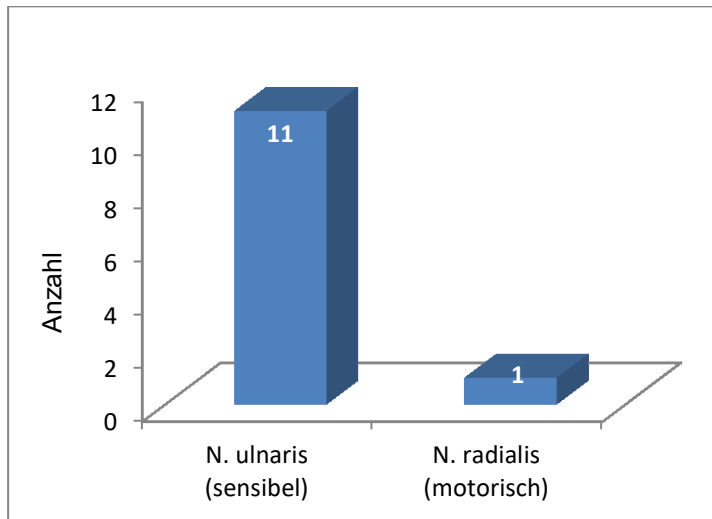


Abb. 24: Betroffene Nerven unseres Kollektivs (n=11, ein Patient erlitt Läsionen zweier Nerven)

3.12 Mayo Elbow Performance Score

Beim Mayo Elbow Performance Score wurde zunächst der aktuell empfundene Schmerz der Patienten erfragt. Eingeteilt werden kann er in die Gruppen „kein Schmerz“, „geringer Schmerz“, „moderater Schmerz“ und „starker Schmerz“.

20 unserer Patienten (38,5 %) gaben an, keine Schmerzen zu haben, 16 (30,8 %) hatten geringe, 13 moderate (25 %) und 3 (5,8 %) klagten über starke Schmerzen.

Der Bewegungsumfang des verletzten Arms, der ebenfalls in den Mayo Elbow Performance Score mit einfließt, wird in folgende drei Untergruppen eingeteilt: Bewegungsbogen > 100°, 50 bis 100° und < 50°. 25 unserer Patienten (48,1 %) hatten einen noch möglichen Bewegungsumfang von > 100°, 20 Patienten (38,5 %) konnten ihren Ellenbogen noch um 50 bis 100° bewegen und 7 Patienten (13,5 %) hatten einen Bewegungsumfang < 50°.

Im dritten Teil des Mayo Elbow Performance Score wurde die subjektive Stabilität des verletzten Ellenbogens ermittelt. Die Patienten hatten die Möglichkeit, die von ihnen empfundene Stabilität mit „stabil“, „etwas instabil“ oder „sehr instabil“ zu beschreiben. 35 Patienten (67,3 %) hatten demnach einen stabilen, 11 (21,2 %) einen etwas instabilen und 6 (11,5 %) einen sehr instabilen Ellenbogen.

Neben den ersten drei Aspekten (Schmerz, Bewegungsbogen und Stabilität) fragt der Mayo Elbow Performance Score auch nach der Möglichkeit der Durchführbarkeit dieser fünf Alltagsaktivitäten: *Haare kämmen, mit Besteck essen, rektale Hygiene durchführen, Unterhemd anziehen und Schuhe anziehen*.

Der Mayo Elbow Performance Score hat bei unserem Nachuntersuchungskollektiv im Durchschnitt einen Wert von 76,3 Punkten erreicht (Median 82,5; Standardabweichung 23,3). Die niedrigste erreichte Punktzahl lag bei 20, die höchste bei 100, was auch der Höchstpunktzahl entspricht.

Wie im Methodenteil erwähnt, können die Ergebnisse dieses Scores in „exzellent“, „gut“, „befriedigend“ und „ungenügend“ eingeteilt werden.

In unserem Patientenkollektiv hatten 19 Patienten (36,5 %) ein exzellentes, 14 (26,9 %) ein gutes, 9 (17,3 %) ein befriedigendes und 10 (19,2 %) ein ungenügendes Ergebnis. 63,5 % unserer Patienten hatten demnach postoperativ ein exzellentes oder gutes Ergebnis.

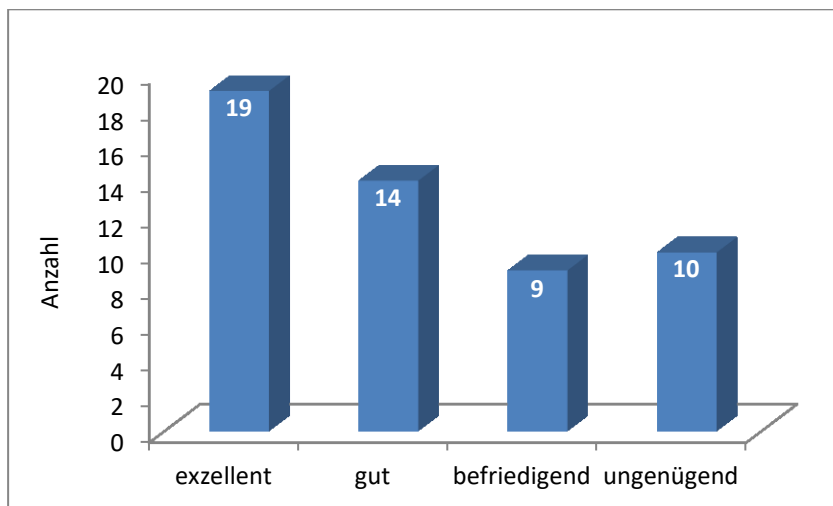


Abb. 25: Gesamtergebnisse des Mayo Elbow Performance Score (n=52)

3.13 Aktivitätsscore nach Morrey

In Abbildung 26 ist ersichtlich, welche Aktivitäten unser Patientenkollektiv mit dem verletzten Ellenbogen noch verrichten konnten und welche eher Schwierigkeiten bereiteten.

Während *Portemonnaie benutzen, mit Besteck essen, gegenseitigen Unterarm waschen* und *Unterhemd anziehen* besonders wenig Schwierigkeiten bereiteten, gab es bei den Aktivitäten *Hand auf Schulterhöhe benutzen, fünf Kilogramm an der Seite*

tragen, über Kopf arbeiten und Gegenstände ziehen/werfen deutlich größere Probleme.

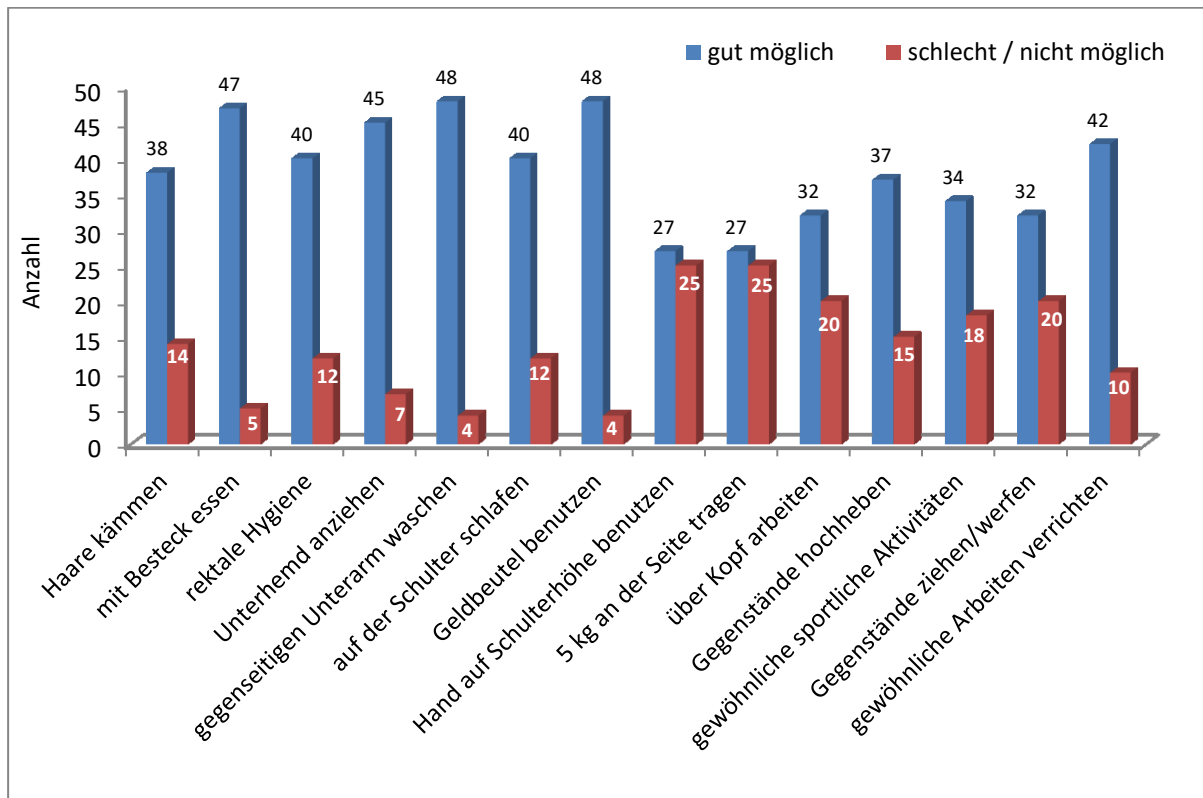


Abb. 26: Verteilung der Aktivitäten, die beim Aktivitätsscore nach Morrey abgefragt wurden (n=52)

Im Mittel wurde beim Aktivitätsscore nach Morrey ein Wert von 10,3 erreicht (Median 12, Standardabweichung 4,1; Minimum 0; Maximum 14).

Die Werte des Scores gehen mit voller Gebrauchsfähigkeit, bedingter Gebrauchsfähigkeit oder minimaler Gebrauchsfähigkeit einher. 29 unserer Patienten (55,8 %) erreichten die volle, 15 (28,9 %) die bedingte und 8 (15,4 %) eine minimale Gebrauchsfähigkeit.

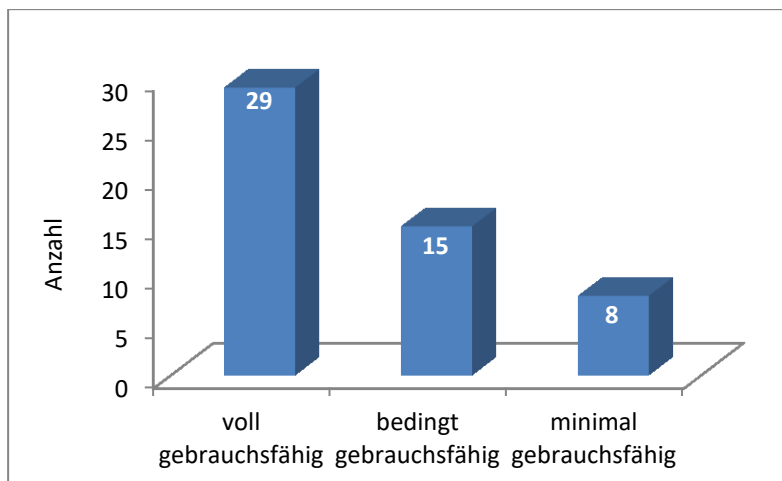


Abb. 27: Gesamtergebnisse des Aktivitätsscores nach Morrey (n=52)

3.14 Schweregrad nach Estève

Der Schweregrad nach Estève ist ein rein objektives Maß, das die noch möglichen Bewegungsumfänge berücksichtigt.

Von den 52 Patienten, die wir einem Schweregrad zuordnen konnten, hatten 31 Patienten (59,6 %) eine geringe, 14 (26,9 %) eine moderate, 3 (5,8 %) eine schwere und 4 Patienten (7,7 %) eine sehr schwere Bewegungseinschränkung.

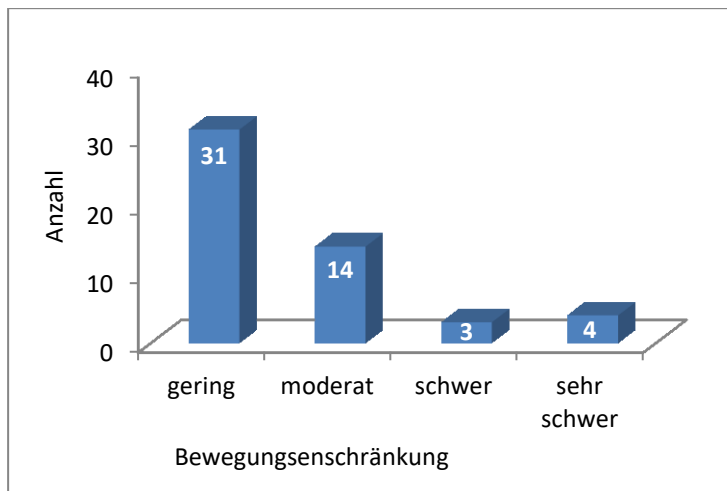


Abb. 28: Verteilung Schweregrad nach Estève (n=52)

3.15 Subjective Elbow Value und Zufriedenheit

Der Mittelwert des Subjective Elbow Value lag bei unserem Patientenkollektiv bei 73,6 (Median 80; Standardabweichung 22,7). Der geringste SEV wurde mit 20 angegeben, der höchste mit 100.

Unterteilt man die Werte in folgende Untergruppen - sehr zufrieden (80 bis 100 Punkte), mäßig zufrieden (50 bis 79 Punkte) und unzufrieden (0 bis 49 Punkte) -, ergibt sich folgende Verteilung: 29 Patienten (55,8 %) zeigten sich sehr zufrieden, 16 (30,8 %) mäßig zufrieden und 7 (13,5 %) unzufrieden.

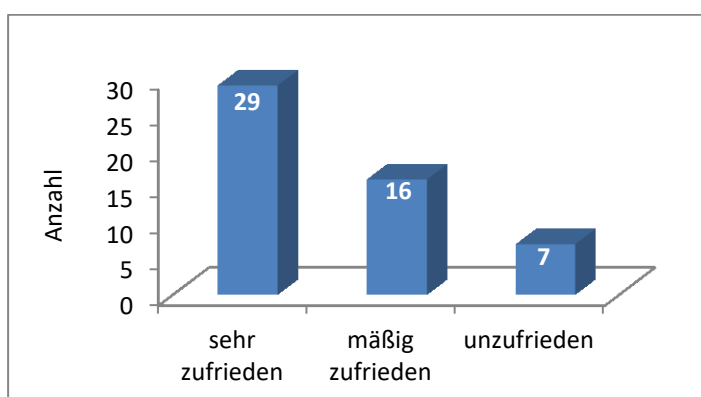


Abb. 29: Gesamtergebnisse der mittels SEV ermittelten Zufriedenheit (n=52)

Direkt nach ihrer Zufriedenheit gefragt, gaben 38 von 43 Patienten an, mit dem Ergebnis ihres verletzten Arms zufrieden zu sein (88,4 %). 5 Patienten waren nicht zufrieden (11,6 %).

3.16 Visuelle Analogskala

In der folgenden Abbildung sind die Angaben zu den Schmerzen unseres Patientenkollektivs dargestellt, die wir mittels visueller Analogskala ermittelt haben.

0 Punkte bedeuten keine Schmerzen, 1 bis 4 Punkte bedeuten leichte Schmerzen, 5 und 6 Punkte mittelstarke und 7 bis 10 Punkte starke Schmerzen.

Demzufolge hatten 14 Patienten (32,6 %) keine, 23 (53,5 %) leichte, 4 (9,3 %) mittelstarke und 2 (4,7 %) starke Schmerzen.

Im Durchschnitt lag die angegebene Schmerzstärke bei 2,3 (Median 2,0; Minimum 0, Maximum 10).

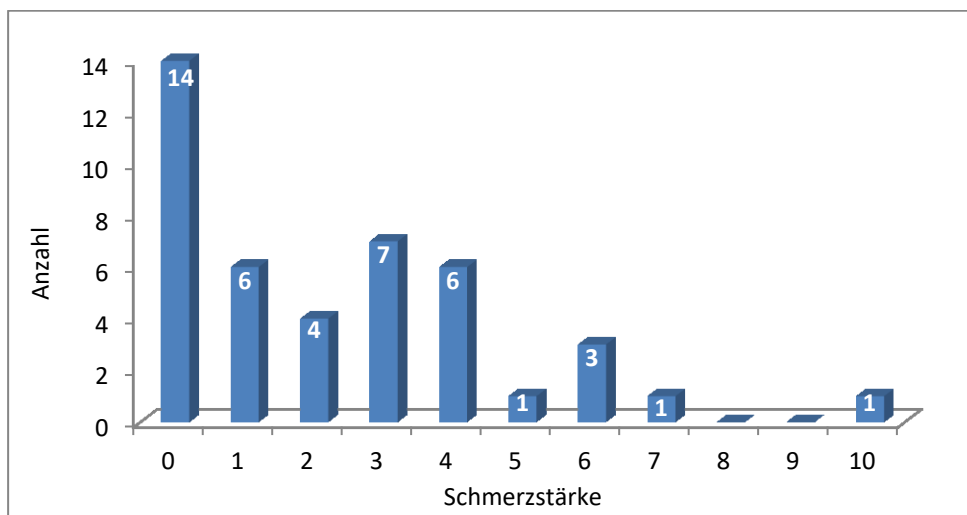


Abb. 30: Verteilung der Schmerzstärke (n=43)

3.17 Röntgenbefunde

Von 12 Patienten unseres Nachuntersuchungskollektivs (23,1 %) wurden Röntgenbilder angefertigt.

Bei 9 Patienten wurde radiologisch eine Arthrose festgestellt (75 %), bei 3 Patienten wurde ein Materialbruch nachgewiesen (25 %) und jeweils 1 Patient litt unter einem erneuten Bruch bzw. es konnte eine Materiallockerung festgestellt werden (jeweils 8,3 %).

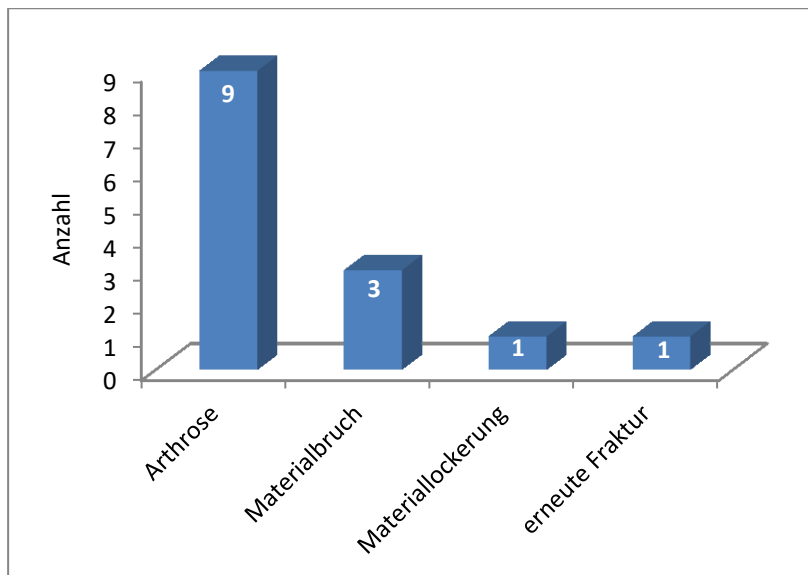


Abb. 31: Röntgenbefunde (n=12, einige Patienten hatten verschiedene Röntgenbefunde)

3.18 Bewegungsumfänge

Im Mittel konnte der verletzte Ellenbogen noch $116,9^\circ$ flektiert werden (Minimum 0° ; Maximum 145° ; Median $127,5^\circ$; Standardabweichung $27,9^\circ$) und hatte eine Streckhemmung von $22,6^\circ$ (Minimum 0° ; Maximum 75° ; Median 20° ; Standardabweichung $20,2^\circ$). Der noch mögliche Bewegungsumfang betrug im Durchschnitt $94,3^\circ$ (Minimum 0° ; Maximum 150° ; Median 100° ; Standardabweichung $35,2^\circ$).

Supination und Pronation betrugen im Mittel $79,8^\circ$ (Supination) und $80,6^\circ$ (Pronation). Die Supination betrug minimal 0° und maximal 100° (Median 90° ; Standardabweichung $20,8^\circ$). Die Pronation betrug minimal 0° und maximal 90° (Median 90° ; Standardabweichung $20,3^\circ$).

3.19 Korrelationen und Vergleiche

3.19.1 Korrelation Unfallalter mit Scores

Bei der Korrelation des Unfallalters unserer Patienten mit den einzelnen Scores ergab sich, dass sowohl die Punktzahl des Mayo Elbow Performance Score als auch die des Aktivitätsscores nach Morrey mit steigendem Altern sinkt. Ältere Patienten hatten demnach häufiger einen bedingt oder minimal gebrauchsfähigen Arm und ein nur befriedigendes bzw. ungenügendes Ergebnis des Ellenbogens als jüngere Patienten.

Patienten mit einem exzellenten Ergebnis im MEPS waren zum Nachuntersuchungszeitpunkt im Durchschnitt 49,8 Jahre alt, Patienten mit gutem Ergebnis 59,9, Patienten

ten mit befriedigendem Ergebnis 59,1. Patienten, die ein ungenügendes Ergebnis im MEPS erzielten, waren durchschnittlich 69,2 Jahre alt.

Ähnlich verhielt es sich mit dem ASM. Patienten, die die volle Gebrauchsfähigkeit erreichten, waren im Schnitt 52,8 Jahre alt, Patienten mit bedingter Gebrauchsfähigkeit 58 und Patienten, die nur noch eine minimale Gebrauchsfähigkeit ihres Ellenbogens hatten, 76,1 Jahre.

Bei der visuellen Analogskala konnte beobachtet werden, dass ältere Patienten höhere Schmerzangaben machten.

Patienten, die unter keinen Schmerzen litten, waren durchschnittlich 45,9, Patienten mit leichten Schmerzen 62, Patienten mit mittelstarken und starken Schmerzen 69 bzw. 58 Jahre alt.

Zufriedenheit, Subjective Elbow Value und der Schweregrad nach Estève korrelierten nicht mit dem Unfallalter.

3.19.2 Korrelation Geschlecht mit Scores

Untersucht wurde auch das Geschlecht unserer Patienten in Bezug auf die Scores. Hier ergaben sich einige geschlechterspezifische Unterschiede.

Frauen schnitten sowohl beim MEPS als auch beim ASM schlechter ab als Männer und machten bei der Schmerzstärke höhere Angaben.

Der MEPS lag bei Frauen im Durchschnitt bei einem Wert von 68,7 (Minimum 20, Maximum 100) und bei Männern bei 92,5 (Minimum 50, Maximum 100). Bei den Frauen hatten 7 Patienten (23,3 %) ein exzellentes, 8 (26,7 %) ein gutes, 6 (20 %) ein befriedigendes und 9 (30 %) ein ungenügendes Ergebnis, während bei den Männern 12 (54,6 %) ein exzellentes, 6 (27,3 %) ein gutes, 3 (13,6 %) ein befriedigendes und 1 (4,6 %) ein ungenügendes Ergebnis erzielten.

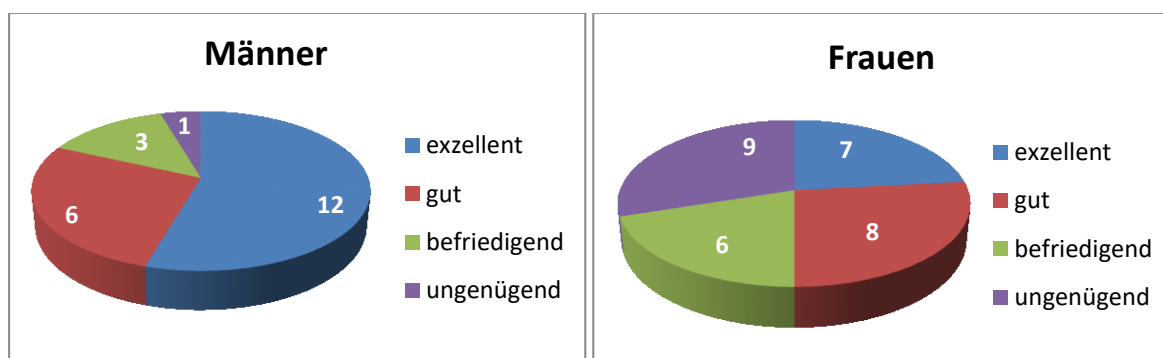


Abb. 32: Ergebnisse des Mayo Elbow Performance Scores in Abhängigkeit des Geschlechts (n=52)

Der ASM lag bei Frauen im Mittel bei 9,4 (Minimum 0, Maximum 14) und bei Männern bei 11,6 Punkten (Minimum 5, Maximum 14).

15 Frauen (50 %) erreichten die volle Gebrauchsfähigkeit ihres Ellenbogens, 8 (26,7 %) die bedingte und 7 (23,3 %) die minimale. 14 Männer (63,4 %) erreichten die volle, 7 (31,8 %) die bedingte und 1 (4,6 %) die minimale Gebrauchsfähigkeit.

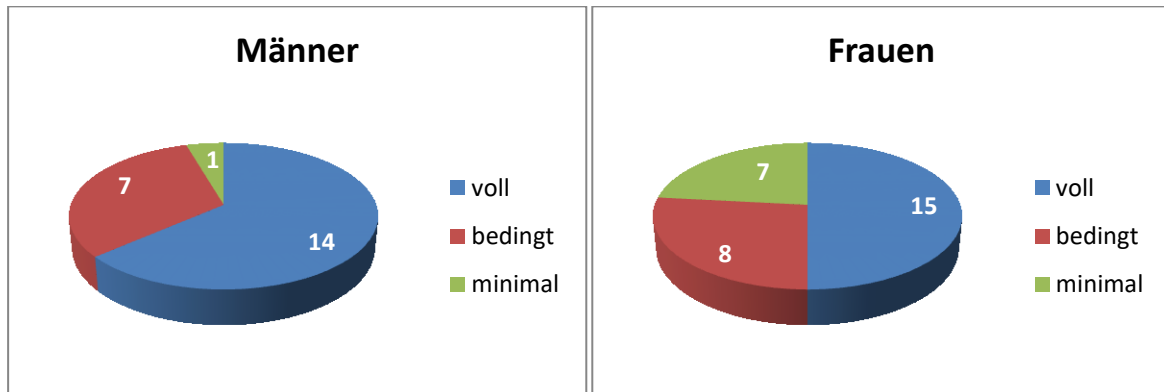


Abb. 33: Ergebnisse des Aktivitätsscores nach Morrey in Abhängigkeit des Geschlechts (n=52)

Frauen litten im Durchschnitt unter einer Schmerzstärke von 3 (Minimum 0, Maximum 10) und Männer unter einer Stärke von 1,3 (Minimum 0, Maximum 4).

Zufriedenheit und Schweregrad nach Estève wiesen keinen geschlechterspezifischen Unterschied auf.

3.19.3 Korrelationen mit Zufriedenheit

Untersucht wurde, ob die Zufriedenheit der Patienten mit den einzelnen Scores korreliert.

Zufriedene Patienten hatten im Durchschnitt einen MEPS von 77,2 (Minimum 20, Maximum 100); unzufriedene hatten einen MEPS von 60 Punkten (Minimum 20, Maximum 95).

Beim ASM erreichten zufriedene Patienten einen Mittelwert von 10,6 (Minimum 3, Maximum 14); unzufriedene hatten 7 Punkte (Minimum 0, Maximum 12).

Sehr signifikant ist die Korrelation von Zufriedenheit und Subjective Elbow Value. Zufriedene Patienten gaben im Mittel einen SEV von 75,8 an (Minimum 40, Maximum 100), unzufriedene hatten einen SEV von 48 (Minimum 30, Maximum 70).

3.19.4 Korrelation Klassifikation mit Zufriedenheit und Schweregrad

Wir untersuchten, ob die Klassifikation der Fraktur bei objektivem und subjektivem Outcome der Patienten eine Rolle spielte. Es konnte festgestellt werden, dass die Zufriedenheit tendenziell, aber nicht signifikant, von der Schwere der Fraktur abhängt.

100 % der Patienten, die eine A-Fraktur erlitten, waren zufrieden mit dem Ergebnis. Bei B- und C-Frakturen fanden sich wenige unzufriedene Patienten. 90 % der Patienten mit einer B-Fraktur waren zufrieden, 10 % unzufrieden und bei den C-Frakturen waren 84,6 % der Patienten zufrieden und 15,4 % unzufrieden.

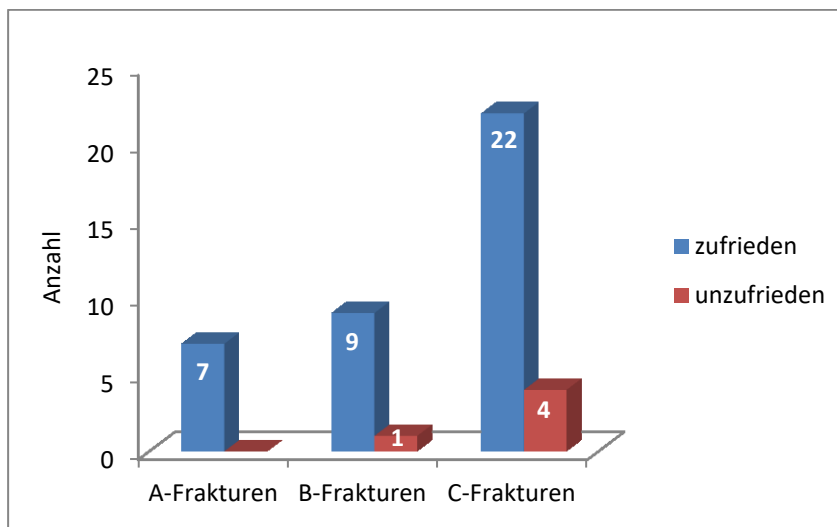


Abb. 34: Zufriedenheit der Patienten in Abhängigkeit der Frakturklassifikation (n=43)

Beim Schweregrad nach Estève fanden sich ähnliche Ergebnisse. Auch hier erzielten schwere Frakturen tendenziell, aber nicht signifikant, schlechtere Ergebnisse.

Fasst man beim Schweregrad nach Estève die geringe und moderate Bewegungseinschränkung als gutes Ergebnis zusammen und die schwere und sehr schwere Einschränkung als schlechtes Ergebnis, so ergibt sich in Abhängigkeit der Klassifikation folgendes: Patienten, die eine A-Fraktur erlitten, hatten zu 100 % ein gutes Ergebnis. Von den Patienten mit B-Frakturen hatten 80 % gute Ergebnisse, 20 % hatten schlechte. Bei den C-Frakturen erzielten 84,4 % der Patienten gute Ergebnisse und 15,6 % schlechte Ergebnisse.

3.19.5 Vorerkrankungen und Scores

Patienten, die unter einer von uns untersuchten Vorerkrankung litten, hatten niedrigere Punktwerte im Mayo Elbow Performance Score und im Aktivitätsscore nach Mor-

rey. Ebenfalls gaben diese Patienten schlechtere Werte im Subjective Elbow Value an und litten unter stärkeren Schmerzen.

Bei der subjektiven Zufriedenheit und dem Schweregrad nach Estève gab es keine signifikanten Unterschiede bei Patienten mit bzw. ohne Vorerkrankung.

Im MEPS erreichten Patienten mit Vorerkrankungen im Durchschnitt eine Punktzahl von 70,1 (Minimum 20, Maximum 100), Patienten ohne Vorerkrankung hatten 90 Punkte (Minimum 60, Maximum 100).

Beim ASM konnten Patienten mit Vorerkrankungen im Mittel 9,2 Punkte erreichen (Minimum 0, Maximum 14), die ohne Vorerkrankung 12,8 (Minimum 5, Maximum 14). Der SEV lag bei vorerkrankten Patienten durchschnittlich bei 68,6 (Minimum 20, Maximum 100) und bei gesunden Patienten bei 84,9 Punkten (Minimum 40, Maximum 100).

Die Schmerzstärke wurde bei vorhandener Vorerkrankung im Mittel mit 2,8 angegeben (Minimum 0, Maximum 10), ohne Vorerkrankung litten Patienten im Durchschnitt unter einer Schmerzstärke von 0,7 (Minimum 0, Maximum 4).

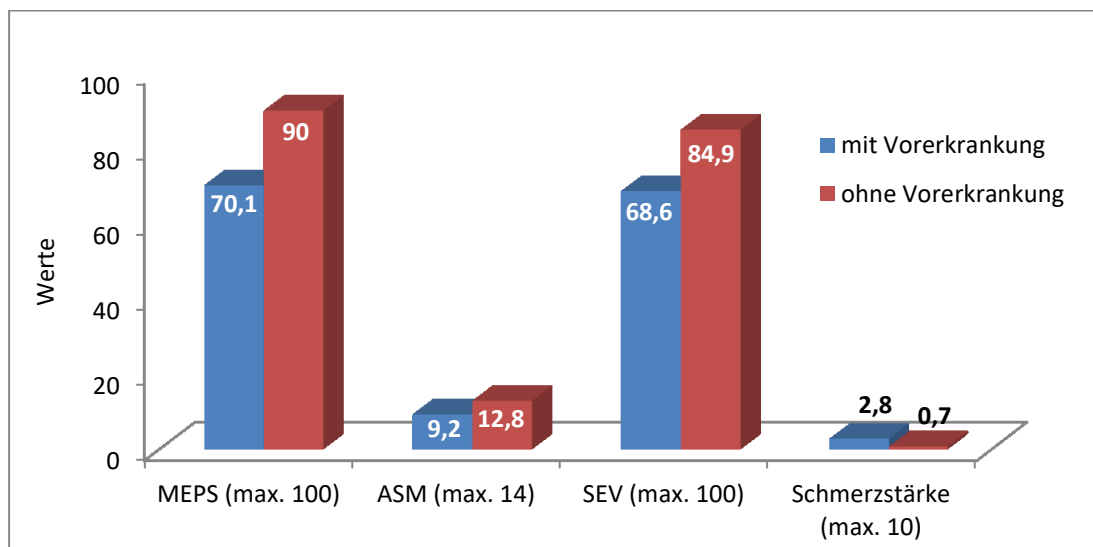


Abb. 35: Mittlere Ergebnisse der Scores bei Vorerkrankung bzw. keiner Vorerkrankung (n=52, bei Schmerzstärke n=43)

Wir testeten nicht nur, ob das Vorhandensein einer Vorerkrankung eine Auswirkung auf die Ergebnisse unserer Scores hat, sondern auch, welche Erkrankung sich in welchen Ergebnissen widerspiegelt.

Patienten, die unter Osteoporose litten, hatten signifikant häufiger einen höheren Schweregrad nach Estève als diejenigen, bei welchen keine Osteoporose bekannt war. So hatten Osteoporose-Patienten in 50 % der Fälle (3 Patienten) eine geringe, in 16,7 % der Fälle (1 Patient) eine schwere und in 33,3 % der Fälle (2 Patienten)

eine sehr schwere Bewegungseinschränkung. Moderat bewegungseingeschränkt war keiner dieser Patienten.

Patienten, die nicht unter Osteoporose litten, hatten zu 60,9 % (28 Patienten) geringe, zu 30,4 % (14 Patienten) moderate und zu jeweils 4,4 % (jeweils 2 Patienten) schwere und sehr schwere Bewegungseinschränkungen.

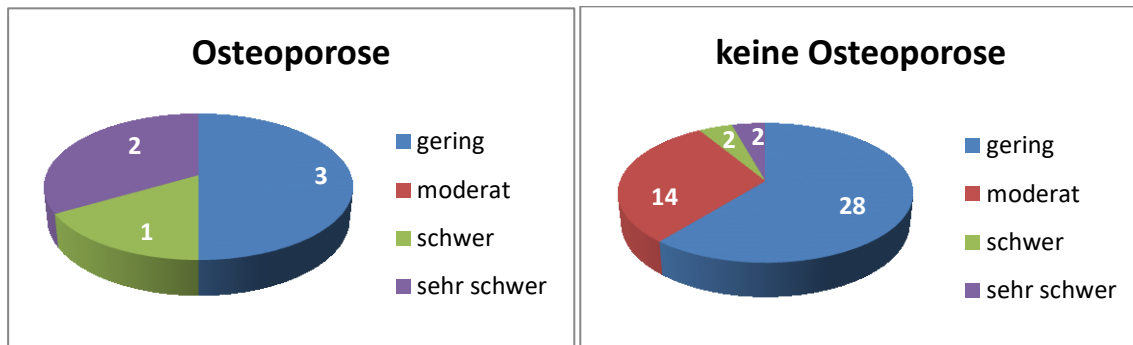


Abb. 36: Bewegungseinschränkungen bei Patienten mit und ohne Osteoporose (n=52)

Auch bei Patienten, die unter Arthrose litten, waren häufiger Bewegungseinschränkungen zu sehen.

So litten 14,3 % (1 Patient) der Arthrose-Patienten unter geringer, 42,9 % (3 Patienten) unter moderater, 14,3 % (1 Patient) unter schwerer und 28,6 % (2 Patienten) unter sehr schwerer Bewegungseinschränkung. Bei den in Hinsicht auf Arthrose gesunden Patienten hatten jeweils 4,4 % (jeweils 2 Patienten) schwere und sehr schwere Bewegungseinschränkungen.

Darüber hinaus erlangten Arthrose-Patienten schlechtere Ergebnisse bei MEPS, ASM und SEV.

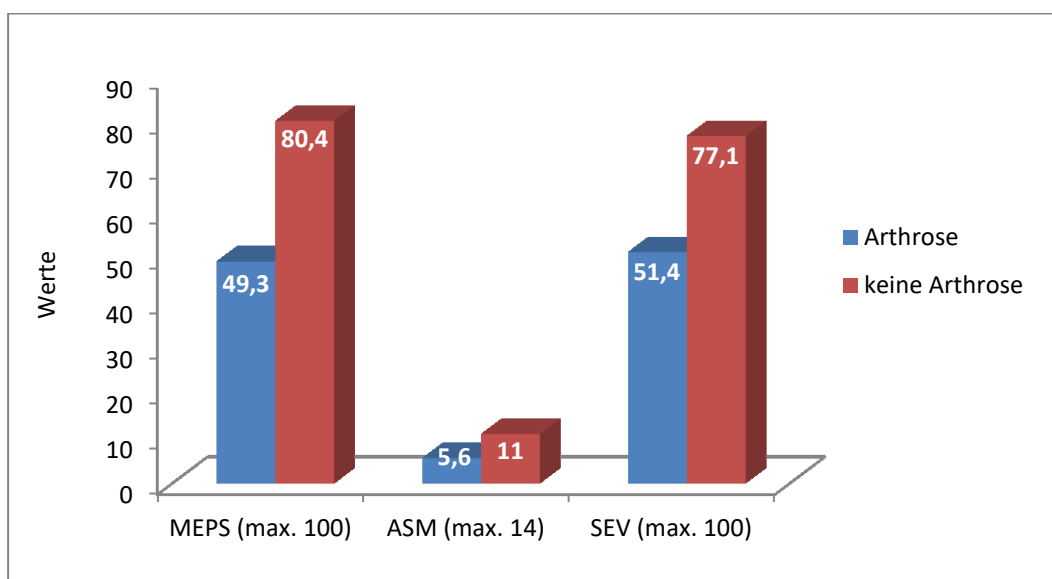


Abb. 37: Durchschnittliche Ergebnisse von MEPS, ASM und SEV in Abhängigkeit von Arthrose (n=52)

Dasselbe galt für Patienten, die an Herz-Kreislauf-Erkrankungen litten. Sie schnitten bei MEPS, ASM und SEV signifikant schlechter ab als Patienten ohne derlei Erkrankungen.

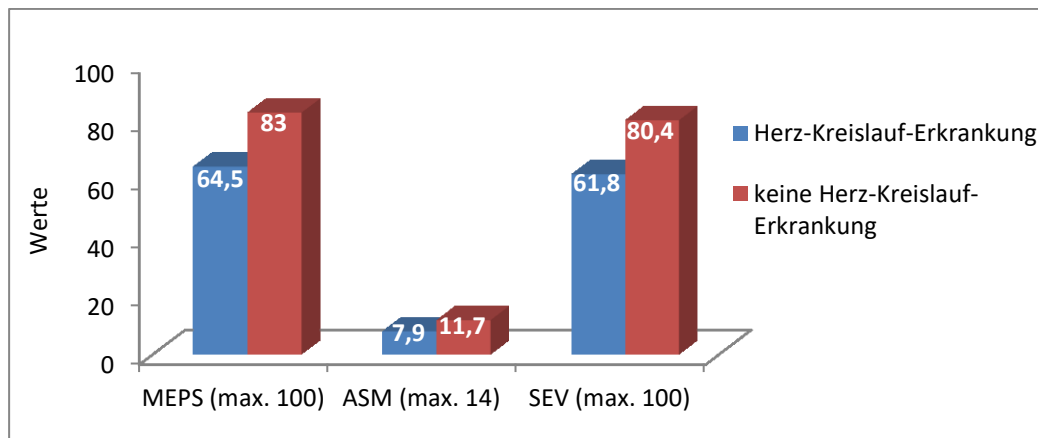


Abb. 38: Durchschnittliche Ergebnisse von MEPS, ASM und SEV in Abhängigkeit von Herz-Kreislauf-Erkrankungen (n=52)

3.19.6 Komplikationen und Scores

Außer bei der Zufriedenheit hingen die Ergebnisse der von uns verwendeten Scores von dem Auftreten von Komplikationen ab.

Blicken wir auf die noch mögliche Beweglichkeit des betroffenen Ellenbogens, so zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Patienten mit und ohne Komplikationen. Patienten ohne Komplikationen konnten ihren Ellenbogen noch um 104° bewegen (Minimum 30°, Maximum 150°), Patienten mit Komplikationen konnten ihren Arm nur noch um 69,3° bewegen (Minimum 0°, Maximum 110°).

Auch bei MEPS, ASM und SEV lagen bei Patienten mit Komplikationen niedrigere Werte vor, die Werte für Schmerzen waren höher und die Schweregradeinteilung nach Estève fiel für Patienten mit Komplikationen schlechter aus.

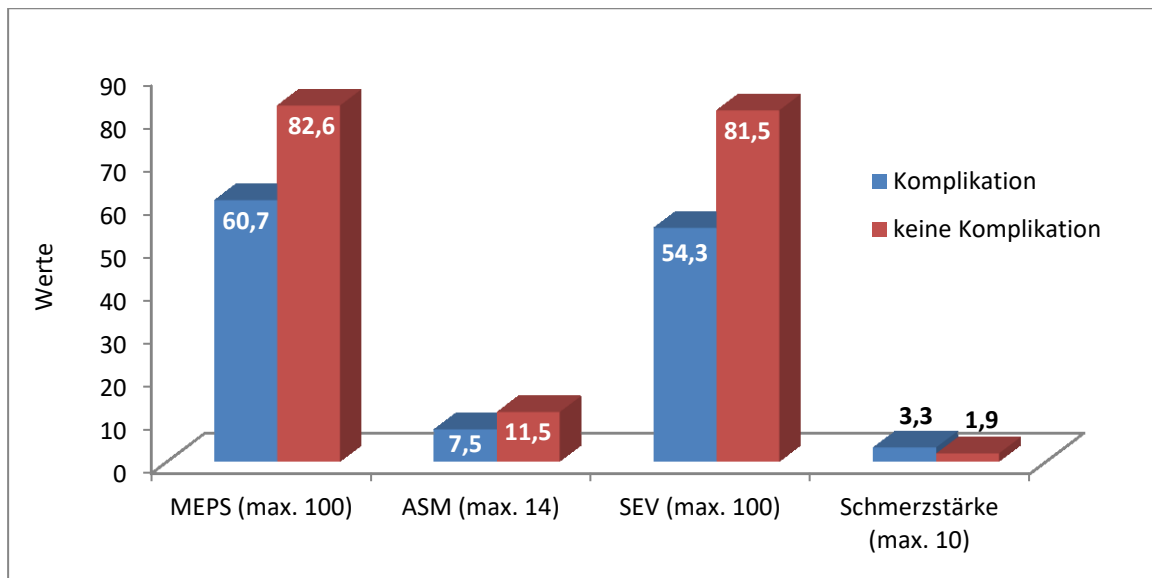


Abb. 39: Mittelwerte von MEPS, ASM, SEV (n=52) und Schmerzstärke (n=43) in Abhängigkeit von Komplikationen

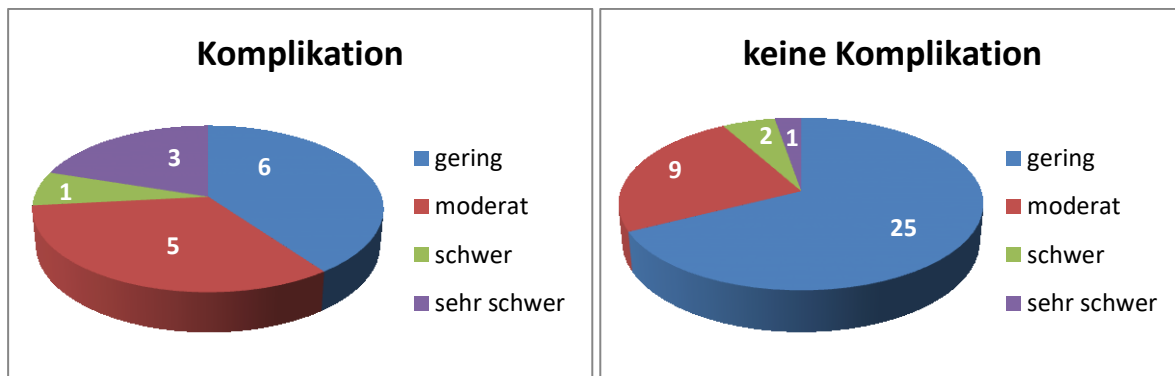


Abb. 40: Bewegungseinschränkungen (nach Estève) bei Patienten mit und ohne Komplikationen (n=52)

Bei den Komplikationen spielten vor allem Nervenverletzungen eine Rolle, weswegen wir auch ihren Zusammenhang mit den Ergebnissen der Scores prüften.

Patienten mit einer Nervenverletzung hatten im Mittel beim Mayo Elbow Performance Score einen Wert von 66,3 (Minimum 25, Maximum 95), Patienten ohne Nervenverletzung hatten einen Wert von 78,9 (Minimum 20, Maximum 100).

Beim ASM erzielten Patienten mit Nervenirritationen durchschnittlich 8 (Minimum 0, Maximum 14) und Patienten ohne Nervenverletzung 10,9 Punkte (Minimum 0, Maximum 14).

Beim Subjective Elbow Value lag bei Nervenverletzungen ein mittlerer Wert von 53,6 vor (Minimum 20, Maximum 90), während ohne Nervenverletzung ein durchschnittlicher Wert von 79 vorlag (Minimum 30, Maximum 100).

Bei der Schmerzstärke gaben Patienten mit Nervenverletzung im Mittel Schmerzen der Stärke 3,1 an (Minimum 0, Maximum 10), Patienten ohne Nervenirritationen hatten Schmerzen der Stärke 2 (Minimum 0, Maximum 10).

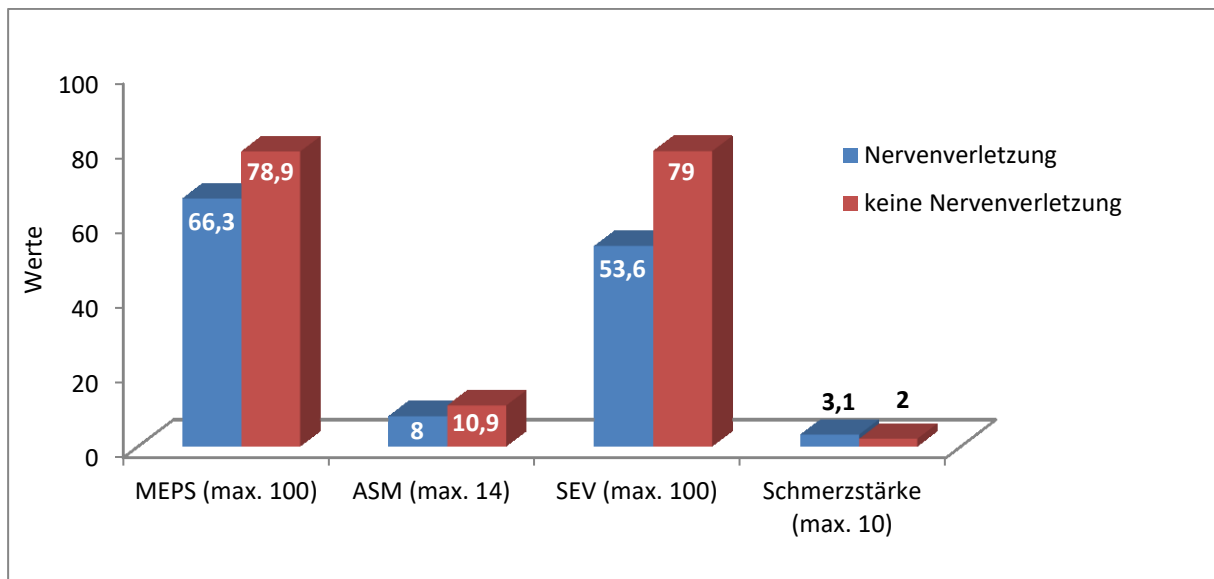


Abb. 41: Mittelwerte von MEPS, ASM, SEV (n=52) und Schmerzstärke (n=43) in Abhängigkeit von Nervenverletzungen

Auch beim Schweregrad nach Estève gab es Unterschiede zwischen den Einschränkungen von Patienten mit und ohne Nervenschäden.

Patienten mit Nervenschäden hatten in 54,5 % der Fälle (6 Patienten) geringe Bewegungseinschränkungen, in 36,4 % (4 Patienten) moderate und in 9,1 % (1 Patient) schwere Bewegungseinschränkungen. Sehr schwere lagen bei keinem Patienten vor.

Patienten ohne Nervenirritationen hatten zu 61 % (25 Patienten) geringe Bewegungseinschränkungen, zu 24,4 % (10 Patienten) moderate, zu 4,9 % (2 Patienten) schwere und zu 9,7 % (4 Patienten) sehr schwere Bewegungseinschränkungen.

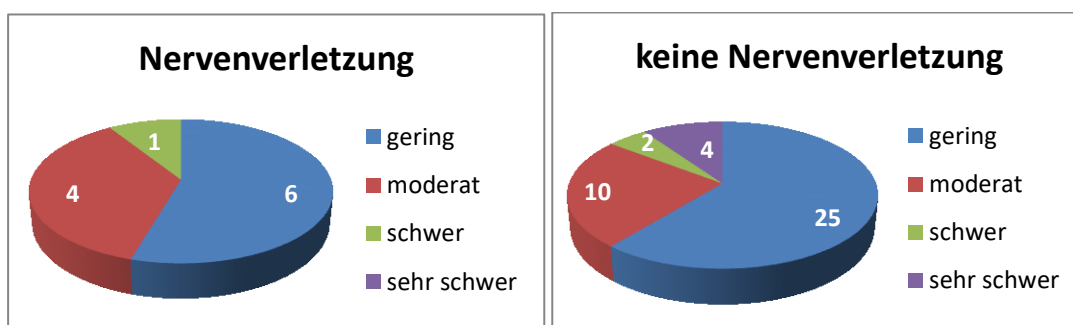


Abb. 42: Schweregradeinteilung (nach Estève) bei Patienten mit und ohne Nervenverletzungen (n=52)

3.19.7 Korrelation offene und geschlossene Frakturen mit Komplikationen

Patienten, die offene Frakturen erlitten, hatten häufiger mit Komplikationen zu kämpfen als Patienten mit geschlossenen Frakturen.

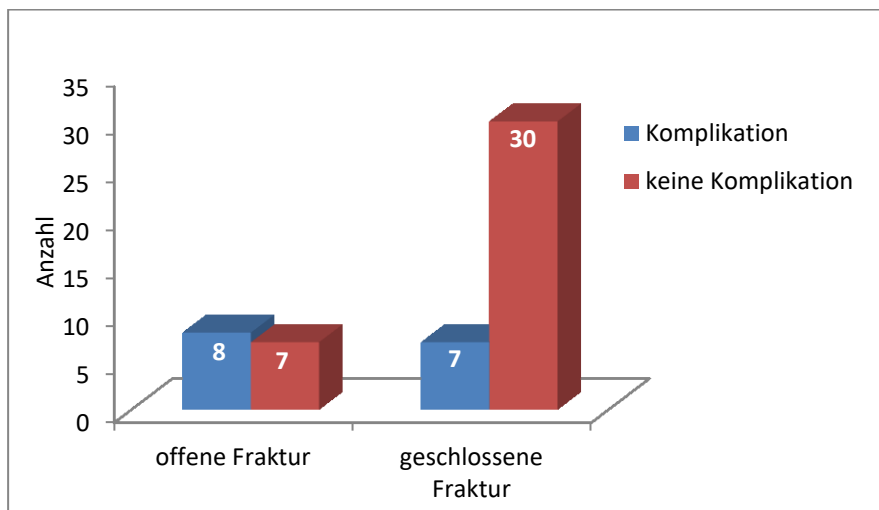


Abb. 43: Verteilung von Komplikationen bei offenen und geschlossenen Frakturen (n=52)

Auf die funktionellen und subjektiven Ergebnisse hatte die Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen Frakturen keine Auswirkung.

3.19.8 Korrelation Scores untereinander

Alle unsere Scores korrelierten untereinander. Unterteilt man die jeweiligen Ergebnisse der Scores vereinfachend in gut, mittelgut und schlecht, ergibt sich folgende Abbildung.

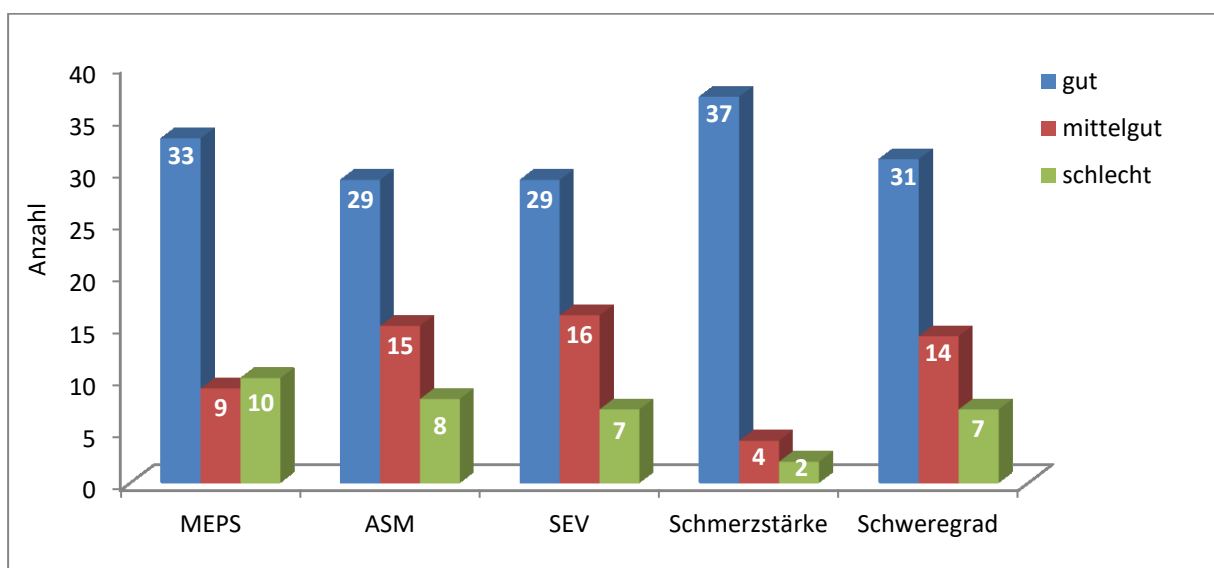


Abb. 44: Score-Ergebnisse eingeteilt in gute, mittelgute und schlechte Ergebnisse; MEPS, ASM, SEV und Schweregrad (n=52), Schmerzstärke (n=43)

Beim MEPS zählten exzellente und gute Ergebnisse als gut, befriedigende als mittelgut und ungenügende als schlecht.

Beim ASM zählte volle Gebrauchsfähigkeit als gut, bedingte als mittelgut und minimale als schlecht.

Bei der Schmerzstärke waren keine und leichte Schmerzen gut, mittelstarke galten als mittelgut und starke Schmerzen als schlecht.

Beim Schweregrad galt eine geringe Bewegungseinschränkung als gut, eine moderate Einschränkung als mittelgut und schwere und sehr schwere Bewegungseinschränkungen als schlecht.

Beim SEV galten zufriedene Patienten als gutes Ergebnis, mäßig zufriedene als mittelgutes und unzufriedene Patienten als schlechtes.

3.20 Falldemonstrationen

Fall 1:

Patientenvorstellung: Frau R., Jahrgang 1959, Größe 1,58 m, Gewicht 98 kg

Anamnese und Befund: Frau R. verunfallte 2010 im Alter von 50 Jahren mit dem Fahrrad und zog sich dabei eine supradiakondyläre Humerusfraktur des linken Arms zu. Die Fraktur konnte mittels AO-Klassifikation als B1-Fraktur klassifiziert werden. Begleitverletzungen lagen nicht vor.



Abb. 45: Röntgen a.p.: B1-Fraktur der Patientin Frau R.



Abb. 46: CT-Rekonstruktion, ventral: B1-Fraktur der Patientin Frau R.

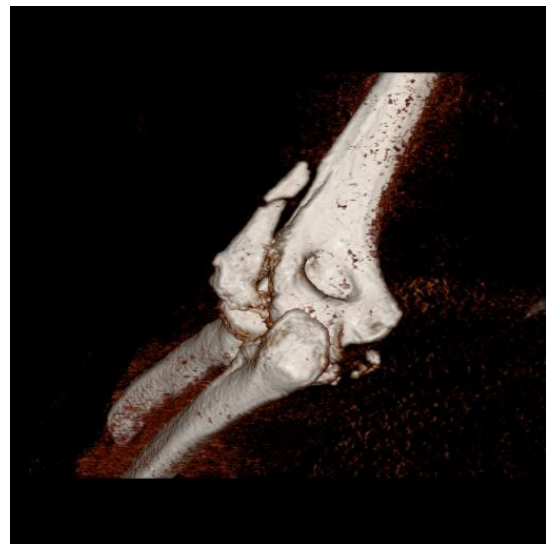


Abb 47: CT-Rekonstruktion, dorsal: B1-Fraktur der Patientin Frau R.

Versorgung: Die Fraktur wurde einzeitig mittels Schraubenosteosynthese und Knochenanker versorgt.

Nachuntersuchung: Die Nachuntersuchung konnte nach 2 $\frac{3}{4}$ Jahren im Rahmen unserer Studie durchgeführt werden.

Bei der Patientin zeigte sich eine reizlose Operationsnarbe. Bei Wetterwechsel oder Belastung klagte die Patientin über Schmerzen im ehemaligen Frakturbereich, über Druckschmerz wurde nicht geklagt. Weitere Beschwerden lagen nicht vor.

Bei der Untersuchung der Bewegungsgrade zeigte sich beim linken Ellenbogen eine Streckhemmung von 45°. Eine Beugung war noch um 135° möglich (rechter Ellenbogen Extension 0° und Flexion 145°). Pro- und Supination beider Ellenbogen lagen jeweils bei 90°.

Scoreergebnisse:

Mayo Elbow Performance Score: links **80**, rechts 100

Aktivitätsscore nach Morrey: links **12**, rechts 14

Subjective Elbow Value: links **90**, rechts 100

Visuelle Analogskala für Schmerz: links **3**, rechts 0

Zufriedenheit: ja

Schweregrad nach Estève: **moderate** Bewegungseinschränkung des linken Ellenbogens



Abb. 48: Patientin Frau R., maximal noch mögliche Flexion des verletzten Ellenbogens



Abb. 49: Patientin Frau R., maximal noch mögliche Extension des verletzten Ellenbogens

Fall 2:

Patientenvorstellung: Frau P., Jahrgang 1949, Größe 1,70 m, Gewicht 64 kg

Anamnese und Befund: Frau P. zog sich 2010 im Alter von 61 Jahren bei einem Stolpersturz eine supradiakondyläre Fraktur des linken Arms zu. Die Fraktur wurde mittels AO-Klassifikation als C2-Fraktur klassifiziert. Es handelte sich um einen offenen Bruch. Begleitverletzungen lagen nicht vor.



Abb. 50: Röntgen a.p., präoperativ, C2-Fraktur der Patientin Frau P.



Abb. 51: Röntgen lateral, präoperativ, C2-Fraktur der Patientin Frau P.

Versorgung: Die Fraktur wurde zweizeitig versorgt. Zunächst mittels Fixateur externe und endgültig mittels Plattenosteosynthese und Olekranonosteotomie (wobei im Röntgenbild ein zu langer Zuggurtungsdraht, die Kortalis der Ulna um ca. 1 cm überragend, zu sehen ist, Abb. 53).

Die Patientin berichtete zudem über eine Metallentfernung 2011 ex domo, da das eingebrachte Material zu Bewegungseinschränkungen führte.



Abb. 52: Patientin Frau P., Röntgen a.p., postoperativ mit eingebrachtem Material



Abb. 53: Patientin Frau P., Röntgen lateral, postoperativ mit eingebrachtem Material

Nachuntersuchung: Die Nachuntersuchung konnte nach 2 Jahren im Rahmen unserer Studie durchgeführt werden.

Bei der Patientin zeigte sich eine reizlose Operationsnarbe. Die Patientin klagte bei Wetterwechsel und Kälte über Schmerzen in Klein- und Ringfinger der linken Hand, über Druckschmerz über dem Ellenbogen wurde nicht geklagt. Zudem klagte die Patientin über Kribbelparästhesien in den linken ulnarseitigen Fingern. Beim Untersuchen der Sensibilität der Hände zeigten sich Sensibilitätsstörungen im Versorgungsgebiet des linken N. ulnaris.

Bei der Untersuchung der Bewegungsgrade zeigte sich beim linken Ellenbogen eine Streckhemmung von 10°. Eine Beugung war noch um 115° möglich (rechter Ellenbogen Extension 0° und Flexion 150°). Die Pronation lag links bei 80° (rechts 90°), die Supination lag links und rechts bei 90°.

Auf Wunsch der Patientin fertigten wir bei der Nachuntersuchung Röntgenbilder an. Es zeigten sich hier Mehrsklerosierungen der Gelenkflächen und mäßige Arthrose.



Abb. 54: Patientin Frau P., Röntgen a.p., nach Metallentfernung, 1 Schraube, 2 K-Drähte verbleiben, Mehrsklerosierung der Gelenkflächen, mäßige Arthrose



Abb. 55: Patientin Frau P., Röntgen lateral, nach Metallentfernung, 1 Schraube, 2 K-Drähte verbleiben, Mehrsklerosierung der Gelenkflächen, mäßige Arthrose

Scoreergebnisse:

Mayo Elbow Performance Score: links **65**, rechts 100

Aktivitätsscore nach Morrey: links **11**, rechts 14

Subjective Elbow Value: links **40**, rechts 100

Visuelle Analogskala für Schmerz: links **3**, rechts 0

Zufriedenheit: nein

Schweregrad nach Estève: **geringe** Bewegungseinschränkung des linken Ellenbogens.



Abb. 56: Patientin Frau P., maximal noch mögliche Flexion des verletzten Ellenbogens



Abb. 57: Patientin Frau P., maximal noch mögliche Extension des verletzten Ellenbogens

4 DISKUSSION

Die Daten dieser Studie wurden aus einem Patientenkollektiv erhoben, das im Zeitraum von 1999 bis 2010 am Universitätsklinikum Mannheim aufgrund einer distalen Humerusfraktur eine operative Versorgung des Bruchs erhielt. Von den 81 betroffenen Patienten mit 82 Frakturen konnten wir Daten von 52 Frakturen erheben. Unser durchschnittliches Follow-up lag bei 64,4 Monaten (Minimum 12, Maximum 129).

4.1 Einordnung des Studiendesigns in die Literatur

4.1.1 Patientenalter

Das Durchschnittsalter unserer Patienten lag zum Unfallzeitpunkt bei 52,5 Jahren (Minimum 15, Maximum 82 Jahre), was dem der Studienkollektive von Schmidt-Horlohé et al. (50 Jahre, Minimum 14 und Maximum 87 Jahre), Gofton et al. (53 Jahre, Minimum 16 und Maximum 80 Jahre), Aslam et al. (56 Jahre, Minimum 18 und Maximum 82 Jahre) oder Lawrence et al. (58,4 Jahre, Minimum 18 und Maximum 97 Jahre) entspricht⁶⁶⁻⁶⁹.

Etwas jünger waren die Kollektive von Doornberg et al. (35 Jahre), Pajarinen et al. (44,4 Jahre), Allende et al. (42 Jahre) und Scolaro et al. (36 Jahre)^{66, 70-72}.

Clavert et al. hatten ein prospektiv und ein retrospektiv untersuchtes Patientenkollektiv, welche wegen des Studiendesigns (Patienten älter als 65 Jahre) deutlich höhere Durchschnittsalter aufwiesen (prospektiv untersuchtes Kollektiv 77,2 Jahre, retrospektiv untersuchtes Kollektiv 77,6 Jahre)⁷³.

In unserem Kollektiv waren ältere Frauen (61 – 80 Jahre) am häufigsten betroffen, was auch Robinson et al. beschreiben und auf die in höherem Alter vor allem bei Frauen auftretende Osteoporose zurückzuführen ist^{2, 13}. Aufgrund der demografischen Entwicklung vermuten Rueger et al. deshalb zukünftig einen Anstieg des Durchschnittsalters von Patienten mit distaler Humerusfraktur¹³.

4.1.2 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung unseres Patientenkollektivs zeigt sich recht homogen mit 57,7 % Frauen und 42,3 % Männer. Frauen waren somit 1,36 Mal häufiger betroffen als Männer. Eine ähnliche Geschlechterverteilung zeigt sich bei Pajarinen et al.

(Frauen 1,6 Mal häufiger betroffen als Männer) und Schmidt-Horlohé et al. (Frauen 1,17 Mal häufiger betroffen)^{69, 70}.

Eine leichte Umkehr der Geschlechterverteilung zeigt sich bei Gofton et al. (52,2 % Männer, 47,8 % Frauen) und Lawrence et al. (50,6 % Männer und 49,4 % Frauen)^{66, 68}.

Bei Doornberg et al. (Männer 1,5 Mal häufiger betroffen als Frauen) und Allende et al. (Männer 1,7 Mal häufiger betroffen als Frauen) zeigt sich eine deutlichere Umkehr der Geschlechterverteilung^{71, 74}.

Bei den beiden Studien von Clavert et al. zeigen sich aufgrund der schlechteren Knochenqualität bei Frauen höheren Alters Geschlechterverteilungen von 79,2 % Frauen und 20,8 % Männer (prospektive Studie) und 78,5 % Frauen und 21,5 % Männer (retrospektive Studie)⁷³.

4.1.3 Follow-up

Mit durchschnittlich 64,4 Monaten, die zwischen Fraktur und Nachuntersuchung unserer Patienten lagen, ist unsere Studie eine mit längerem Follow-up und kann somit verlässliche Aussagen zu dauerhaften Ergebnissen, Einschränkungen oder Schäden machen. Studien, wie die von Gofton et al. oder Aslam et al., haben zwar auch ein Follow-up von mehr als 2 Jahren, können mit 45 (Gofton et al.) und 35 Monaten (Aslam et al.) aber dennoch nur eine deutlich früher durchgeführte Nachuntersuchung aufweisen^{66, 67}.

Einzig die Studie von Doornberg et al. (Nachuntersuchung nach durchschnittlich 19 Jahren) liefert Daten, die einen längeren Zeitraum umfassen. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich die Ergebnisse zwischen kurzzeitigen und langzeitigen Nachuntersuchungen nicht wesentlich verändern.⁷¹

4.1.4 Verteilung Klassifikation

In unserem Kollektiv fanden sich nach der AO-Klassifikation 8 A-Frakturen (15,4 %), 11 B-Frakturen (21,2 %) und 33 C-Frakturen (63,5 %).

In der Literatur zeigen sich ähnliche Frakturverteilungen. Auffällig ist besonders, dass C-Frakturen stets die am häufigsten vorkommenden Frakturen sind.

Bei Lawrence et al. fanden sich zu 18 % A-Frakturen, zu 7,9 % B-Frakturen und zu 74,1 % C-Frakturen⁶⁸. Clavert et al. beschreiben in ihrer retrospektiven Studie zu

21,5 % A-Frakturen, zu 15,9 % B-Frakturen und zu 62,5 % C-Frakturen. In ihrer prospektiven Studie sind die Unterschiede der Frakturverteilungen nicht ganz so groß (24,5 % A-Frakturen; 26,4 % B-Frakturen; 49,1 % C-Frakturen).⁷³

Der Prozentsatz unseres Kollektivs, der einen offenen Bruch erlitt, entspricht in etwa dem, der auch in vielen anderen Studien nachgewiesen wurde. Von unseren Patienten erlitten 28,8 % einen offenen Bruch. Lawrence et al. konnten einen Anteil von 32,6 % nachweisen, Scolaro et al. 32,5 %, Schmidt-Horlohé et al. 30%, Pajarinen et al. 27,8 % und Allende et al. 25 %.^{68, 70, 72, 74}

4.1.5 Komplikationen

An Komplikationen fanden sich bei unseren Patienten in 4 Fällen (7,7 %) Wundinfekte, 1 Patient (1,9 %) erlitt erneute Frakturen an der betroffenen Extremität, 2 Patienten (3,8 %) litten unter ossärer Defektheilung und 11 (23,1 %) hatten Nervenverletzungen.

In der Literatur finden sich in Bezug auf Infektionen bei Pajarinen et al. (5 % Wundinfekte), Gupta et al. (3 % Wundinfekte) und Scolaro et al. (5 % Wundinfekte) ähnliche Werte^{70, 72, 75}. Lediglich Lawrence et al. beschreiben ein Patientenkollektiv mit 15,7 % Wundinfekten, wobei höheres Patientenalter und eine höhere Rate an offenen Frakturen Erklärungen dafür sein können⁶⁸.

Die Rate an ossärer Defektheilung ist in unserem Patientenkollektiv (3,8 %) etwas geringer als in der vergleichbaren Literatur. Hier beschreiben Gupta et al. und Scolaro et al. jeweils bei 5 % ihrer Patienten Pseudarthrosen, Allende et al. fanden diese bei 8 % und Pajarinen et al. bei 14 % ihrer Patienten.^{70, 72, 74, 75}

Der bei unserem Kollektiv festgestellte Prozentsatz an Nervenverletzungen ist höher als der von anderen Autoren beschriebene. Clavert et al. gaben bei ihren prospektiv untersuchten Patienten eine Rate von 5,7 % und bei den retrospektiv untersuchten 9,7 % an⁷³. Bei Furoria et al. fanden sich bei 6,7 % Nervenirritationen, die Hälfte wurde als rückläufig beschrieben⁷⁶.

4.2 Methodik unserer Studie

Die vorliegende Studie untersucht die objektiven und subjektiven Ergebnisse distaler Humerusfrakturen, vergleicht diese miteinander und hat das Ziel, den Subjective Elbow Value zu etablieren.

Die in unserer Studie verwendeten Scores sind teilweise rein subjektiv und geben die Empfindungen der Patienten wieder, teilweise sind sie rein objektiv und beachten nur das funktionelle Ergebnis des betroffenen Arms und teilweise werden subjektive und objektive Parameter in einem Score zusammengefasst. Die von uns verwendeten Scores sind der Mayo Elbow Performance Score, der Aktivitätsscore nach Morrey, eine Visuelle Analogskala für die Schmerzangabe, der Schweregrad nach Estève, die subjektive Zufriedenheit und der zu etablierende Subjective Elbow Value.

Der Mayo Elbow Performance Score (MEPS) ist ein relativ umfassendes Messinstrument für das Ergebnis von Ellenbogenverletzungen. Er beinhaltet sowohl objektive als auch subjektive Kriterien für die Funktion des Ellenbogens und reicht von einer möglichen Punktzahl von 5 bis 100 (100 ist der bestmögliche Wert)⁷⁷.

Zu den objektiven Kriterien zählt der messbare Bewegungsumfang, der maximal 20 Punkte betragen kann.

Die Stabilität ist ein Kriterium, welches zwischen Objektivität und Subjektivität steht. Ob ein Ellenbogen nur etwas oder sehr instabil ist, ist der Empfindung des Patienten geschuldet und auch wir konnten in unserem Kollektiv feststellen, dass die Patienten häufig Schwierigkeiten hatten, die Stabilität zu beurteilen.

Die Alltagsaktivitäten (Haare kämmen, selbständig essen, selbständige Körperpflege, Ankleiden, Schuhe anziehen) und der empfundene Schmerz sind subjektive Kriterien. Der Schmerz allerdings ist das am stärksten subjektiv beeinflusste Kriterium und kann sich auf die restlichen Bereiche limitierend auswirken. Der Mayo Elbow Performance Score ist durch sein Punktesystem, welches allein 70 Punkte für rein subjektive Kriterien vergibt, also zwar ein Score für objektives und subjektives Outcome, stützt sich aber eher auf die subjektiven Faktoren.

Die Autoren Doornberg et al., Gofton et al., Clavert et al. und Schmidt-Horlohé et al. nutzten ebenfalls diesen Score, um das Outcome ihrer Patienten zu beurteilen^{66, 69, 71, 73}.

Der Aktivitätsscore nach Morrey ist ein rein subjektiver Score, dessen Bestandteile teils mit den Aktivitätskriterien des MEPS überlappen und laut Seekamp et al. die Gebrauchsfähigkeit des Ellenbogens für den Alltag und auch für die Erwerbsfähigkeit beurteilt⁷⁸.

Insgesamt gibt es bei Morrey 14 Aktivitäten, welche der Patient als gut oder schlecht bzw. gar nicht möglich beurteilen soll. Für jede mögliche Aktivität gibt es einen Punkt, sodass die maximale Punktzahl 14 beträgt.

Während sich Mayos Score eher auf die grundlegenden, einfachen und für ein selbständiges Wohnen wichtigen Aktivitäten konzentriert, geht Morrey weiter und beurteilt mehr auch für Alltag, Freizeit und Lebensqualität wichtige Aktivitäten. Als Beispiele seien hier gewöhnliche sportliche Aktivitäten, fünf Kilogramm an der Seite tragen, gewöhnliche Arbeiten verrichten, auf der Schulter schlafen oder Gegenstände hochheben genannt.

Die Interpretation von gewöhnlichen sportlichen Aktivitäten, gewöhnlichen Arbeiten oder Gegenständen, die noch hochzuheben sind, ist bei jedem Patienten verschieden. Die Anforderungen einer alten Dame an ihren Ellenbogen und an noch durchführbare Aktivitäten sind andere als die eines jungen Mannes. Trotz dieser freien Interpretation mancher Aktivitäten spiegelt der Score die subjektive Funktionsfähigkeit und damit verknüpft die Zufriedenheit wider und stellt somit ein wichtiges, rein subjektives Maß des Outcomes des verletzten Ellenbogens dar.

Als einen weiteren rein subjektiven Score zogen wir die visuelle Analogskala für den Schmerz heran. Unsere Patienten sollten auf einer Skala von 0 bis 10 angeben (0 war kein Schmerz, 10 der am schlimmsten vorstellbare Schmerz), wie der Schmerz in den letzten Tagen für sie war.

Auch Scolaro et al. nutzten die Analogskala zur Schmerzmessung⁷². Andere Autoren wie Doornberg et al., Allende et al. und Gofton et al. legten ebenfalls Wert auf die Feststellung der Schmerzen ihres Patientenkollektivs, allerdings mit Hilfe anderer Scores^{66, 71, 74}.

Unabhängig bestimmter noch möglicher Funktionen wollten wir zudem wissen, ob unsere Patienten mit dem Gesamtergebnis ihres verletzten Ellenbogens zufrieden sind. Dazu stellten wir die Frage: Sind Sie mit dem Ergebnis Ihres Ellenbogens zufrieden? Anzukreuzen war ja oder nein. Diese Art, die Zufriedenheit ihres Patientenkollektivs zu messen, nutzten auch Scolaro et al.⁷².

Zusätzlich zur Zufriedenheit wollten wir einen Score etablieren, der den Patienten auf einer Skala von 1 bis 100 die Möglichkeit gibt, ihren verletzten Ellenbogen einzuschätzen und zu bewerten. Als Idee dafür diente der schon etablierte Subjective Shoulder Value, der beobachterunabhängig eine Einschätzung der Schulterfunktion ermöglicht⁶⁵.

Unsere Patienten sollten für den Subjective Elbow Value (SEV) also ihren verletzten Arm mit dem gesunden, voll einsatzbaren und schmerzfreien Arm vergleichen, der

100 Punkte wert ist. Falls die Patienten Schwierigkeiten mit der Einschätzung ihres verletzten Arms hatten, halfen wir mit der Frage: „Wieviel Geld würden Sie für Ihren verletzten Arm zahlen, wenn der Gesunde 100€ wert wäre?“ Eine ähnliche Scoreanwendung findet sich bei Doornberg et al., die die Zufriedenheit ihrer Patienten bereits mit einer visuellen Analogskala von 0 bis 10 maßen⁷¹.

Der Schweregrad nach Estève ist der einzige unserer Scores, der rein objektiv das funktionelle Ergebnis unserer Patienten beschreibt. Es gibt hier vier Abstufungen der Ellenbogenbeeinträchtigungen: leicht, moderat, schwer und sehr schwer.

In der Literatur fand sich kein Autor, der die Bewegungseinschränkung der Ellenbogen seines Patientenkollektivs mit Hilfe dieses Scores einteilt. Zur Vergleichbarkeit dienten stattdessen meist der noch maximal mögliche Bewegungsbogen, die maximale Flexion und die vorhandene Streckhemmung, welche auch wir bei unseren Patienten ermittelten.

4.3 Ergebnisse und deren Einordnung in die Literatur

Die operative Versorgung distaler Humerusfrakturen hat sich mittlerweile etabliert, um einer Einsteifung des Gelenks durch frühfunktionelle Mobilisation und Stabilität entgegenzuwirken und somit bessere Endergebnisse zu erzielen^{20, 67, 68, 71}. Besonders die Wiederherstellung der Gelenkkongruenz und die schlechtere Knochenqualität der immer älter werdenden Patienten stellen dabei aber eine große Herausforderung dar^{20, 68}. Trotz immer besser werdender Operationsverfahren und steigendem Verständnis für eine gute Wiederherstellung des Ellenbogengelenks ist das Thema der Versorgung und des Outcomes distaler Humerusfrakturen stets ein aktuelles^{76, 79}. Der Vergleich verschiedener Studien und die Einordnung der Ergebnisse in die bereits vorhandene Literatur gestalteten sich schwierig, da es aufgrund der Seltenheit der distalen Humerusfraktur meist nur kleine Kollektive an nachuntersuchten Patienten gibt. Darüber hinaus unterscheiden sich viele Studiendesigns, die verwendeten Scores, die Kollektivgrößen und die untersuchten Parameter. Auch die verschiedenen Operationsmethoden und unterschiedlichen Operateure, Behandlungsschemata und Nachsorgebehandlungen erschwerten eine Vergleichbarkeit.

4.3.1 Mayo Elbow Performance Score

Der Mayo Elbow Performance Score lieferte in unserem Patientenkollektiv in 36,5 % ein exzellentes, in 26,9 % ein gutes, in 17,3 % ein befriedigendes und in 19,2 % ein ungenügendes Ergebnis. Im Durchschnitt verzeichneten wir einen MEPS von 76,3 Punkten (Minimum 20, Maximum 100). Am besten waren die Ergebnisse der B-Frakturen (81,4 Punkte), gefolgt von den A-Frakturen (80,6 Punkte) und den C-Frakturen (73,5 Punkte). Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind allerdings nur tendenziell, nicht signifikant. Besonders ältere Patienten und Patienten mit Komplikationen erzielten beim MEPS signifikant schlechtere Ergebnisse.

Verglichen mit der Literatur schneiden unsere Patienten beim MEPS schlechter ab. Doornberg et al. berichten über Scorewerte von durchschnittlich 91 Punkten (ohne den schlechten Wert eines Patienten mit Arthrodeese), Gofton et al. von 89 Punkten, Schmidt-Horlohé et al. von 85 Punkten.^{66, 69, 71}

Das Durchschnittsalter, das in der Literatur als Prädiktor für schlechteres Outcome beschrieben wird, lag bei Doornberg et al. mit 35 Jahren deutlich unter dem unserer Patienten (52,5 Jahre)^{66, 70, 73}.

Komplikationen lagen bei Doornberg et al. (16,7 %) und Gofton et al. (21,7 %) seltener vor als bei unserem Kollektiv (28,8 %), was, wie bei Foruria et al., ein Grund für schlechtere Ergebnisse sein kann^{66, 71, 76}. Bei Schmidt-Horlohé et al. lagen jedoch mit 43% deutlich mehr Komplikationen vor als bei uns, die Patienten schlossen beim MEPS jedoch trotzdem besser ab (durchschnittlich 85 Punkte)⁶⁹.

Clavert et al. untersuchten in ihren prospektiven und retrospektiven Kollektiven A-, B- und C-Frakturen von Patienten, die mindestens 65 Jahre alt waren. Die Nachuntersuchungszeitpunkte waren mit im Schnitt 0,8 und 2,9 Jahren relativ gering. Der mittlere MEPS der prospektiven Gruppe lag bei 87,9 Punkten und bei dem retrospektiven Kollektiv bei 82,9 Punkten⁷³. Auch bei den Patienten von Clavert et al. lagen weniger Komplikationen vor als bei unseren (prospektiv 15,1 %; retrospektiv 25,3 %)⁷³.

Tab. 5: Unsere Ergebnisse des Mayo Elbow Performance Scores verglichen mit anderen Studien (die Werte von Alter und MEPS sind Durchschnittswerte; bei der Einteilung steht E für exzellent, G für gut, B für befriedigend, U für ungenügend)

Autor und Jahr	Anzahl	Alter	Follow-up	Komplikationen	MEPS	Einteilung
Doornberg et al. 2007	30	35 J.	19 J.	5 (16,7%)	91	E: 63,3% G: 23,3% B: 3,3% U: 10%
Gofton et al. 2003	23	53 J.	3,8 J.	5 (21,7%)	89	E: 26,1% G: 60,9% B: 13% U: 0%
Clavert et al. 2013 (prospektive Studie)	53	77,2 J.	0,8 J.	8 (15,1%)	87,9	E: 60,4% G: 26,4% B: 5,7% U: 7,5%
Clavert et al. 2013 (retrospektive Studie)	289	77,6 J.	2,9 J.	73 (25,3%)	82,9	E: 45% G: 33,2% B: 13,1% U: 8,7%
Schmidt-Horlohé et al. 2013	39	50 J.	1,2 J.	17 (43%)	85	E: 46,2% G: 46,2% B: 5,1% U: 2,5%
Lederer 2018	52	52,5 J.	5,4 J.	15 (28,8%)	76,3	E: 36,5% G: 26,9% B: 17,3% U: 19,2%

Pajarinen et al. konnten wie wir beobachten, dass ältere Patienten des Kollektivs ein schlechteres Outcome zu beklagen hatten als jüngere Patienten. Bei uns waren Patienten mit exzellenten Ergebnissen im Schnitt 49,9 und Patienten mit ungenügenden Ergebnissen 69,2 Jahre alt. Bei Pajarinen et al. hatten alle Patienten unter 40 Jahren ein exzellentes oder gutes Ergebnis, bei den über 50-Jährigen erreichten dies nur 20 %⁷⁰. Auch Clavert et al. und Gofton et al. identifizierten das Alter und die damit verbundene schlechtere Knochenqualität der Betroffenen als einen Risikofaktor für schlechtere Ergebnisse distaler Humerusfrakturen^{66, 73}.

Allende et al. konnten ausmachen, dass Patienten mit offenen Frakturen ein objektiv, aber kein subjektiv schlechteres Outcome haben als Patienten mit geschlossenen Frakturen⁷⁴. Bei unseren Patienten gab es bei allen Scores und auch beim Bewegungsumfang keinen signifikanten Unterschied zwischen offenen und geschlossenen Frakturen. Offene Frakturen waren allerdings häufiger mit Komplikationen vergesellschaftet, was sich mit Ergebnissen von Lawrence et al. deckt, die erheblich mehr Wundkomplikationen bei offenen Grad III Verletzungen feststellen konnten⁶⁸.

4.3.2 Aktivitätsscore nach Morrey

Der rein subjektive Aktivitätsscore nach Morrey lieferte im Mittel eine Punktzahl von 10,3 (Minimum 0, Maximum 14). Somit waren 55,8 % der Ellenbogen noch voll, 28,9 % bedingt und 15,4 % minimal gebrauchsfähig.

Seekamp et al. berichten bei ihren Patienten in 70,8 % der Fälle von voller Gebrauchsfähigkeit, in 14 % von bedingter und in 15,2 % von minimaler Gebrauchsfähigkeit. In dieser Studie erlangten also mehr Patienten eine volle als eine bedingte Gebrauchsfähigkeit als unsere Patienten. In beiden Kollektiven sind aber verhältnismäßig gleich viele Patienten von einem nur noch minimal gebrauchsfähigen Ellenbogen betroffen.⁷⁸

Seekamp et al. unterschieden auch zwischen Ergebnissen von offenen (107 Patienten, 62,6 %) und geschlossenen Frakturen (64 Patienten, 37,4 %) mit einem Follow-up von durchschnittlich 8 Jahren. Wie auch bei unseren Patienten war die am häufigsten vorkommende Fraktur die C-Fraktur. Verglichen zum Verhältnis offener Frakturen zu geschlossenen Frakturen bei Seekamp et al. dreht sich bei uns das Verhältnis nahezu um. Wir untersuchten 28,9 % offene und 71,1 % geschlossene Frakturen. Bei Seekamps Studie schlossen die Patienten mit geschlossenen Frakturen besser ab, in unserer Studie allerdings die mit offenen Frakturen.⁷⁸

Tab. 6: Vergleich der Gebrauchsfähigkeit der Frakturen unserer Patienten mit denen Seekamps, zusätzlich Unterscheidung der Gebrauchsfähigkeit offener und geschlossener Frakturen (bei der Einteilung steht V für voll, B für bedingt und M für minimal)

Autor und Jahr	Anzahl	Follow-up	Gebrauchsfähigkeit aller Frakturen	Gebrauchsfähigkeit offener Frakturen	Gebrauchsfähigkeit geschlossener Frakturen
Seekamp et al. 1997	171	8 J.	V: 70,8 % B: 14 % M: 15,2 %	V: 61,9 % B: 16,7 % M: 21,4 %	V: 86 % B: 9,3 % M: 4,7 %
Lederer 2018	52	5,4 J.	V: 55,8 % B: 28,9 % M: 15,4 %	V: 73,3 % B: 20 % M: 6,7 %	V: 48,7 % B: 32,4 % M: 18,9 %

4.3.3 Zufriedenheit

Fragten wir unsere Patienten nach ihrer Zufriedenheit, gaben 88,4 % an, unabhängig von ihrem Alter oder der Klassifikation ihrer Fraktur, mit dem Ergebnis ihres verletzten Ellenbogens zufrieden zu sein (n=43). Auch Pajarinen et al. konnten beobachten,

dass ihre Patienten unabhängig von der Schwere ihrer Verletzung zufrieden mit dem Ergebnis waren⁷⁰.

Ähnlich zufriedene Patienten finden sich in weiterer Literatur. So gaben 87,5 % der von Scolaro et al. untersuchten Patienten an, zufrieden zu sein, Aslam et al. konnten 85 % zufriedene Patienten verzeichnen^{67, 72}. Die Patienten von Gofton et al. zeigten sich noch zufriedener (93 %)⁶⁶.

4.3.4 Subjective Elbow Value

Bei unserem Subjective Elbow Value betrug der Mittelwert 73,6 Punkte (Minimum 20, Maximum 100). Nach einer Unterteilung in sehr zufriedene (80 bis 100 Punkte), mäßig zufriedene (50 bis 79 Punkte) und unzufriedene Patienten (unter 50 Punkte), waren 55,8 % sehr, 30,8 % mäßig zufrieden und 13,5 % unzufrieden.

Der Subjective Elbow Value zeigte sich signifikant korrelierend mit Mayo Elbow Performance Score, Aktivitätsscore nach Morrey, Schweregrad nach Estève und Schmerzstärke und ist somit, angelehnt an den Subjective Shoulder Value, zur subjektiven Einschätzung einer Ellenbogenverletzung geeignet.

4.3.5 Schmerzstärke

Die mittlere Schmerzstärke unserer Patienten betrug 2,3 (Minimum 0, Maximum 10), was sich mit Ergebnissen von Scolaro et al. deckt (durchschnittliche Schmerzstärke 1,9; Minimum 0, Maximum 10)⁷².

4.3.6 Schweregrad nach Estève und Bewegungsausmaße

Beim Schweregrad nach Estève konnten wir bei 59,6 % unserer Patienten eine geringe, bei 26,9 % eine moderate, bei 5,8 % eine schwere und bei 7,7 % eine sehr schwere Bewegungseinschränkung feststellen. Aufgrund der fehlenden vergleichbaren Ergebnisse in anderer Literatur ist es uns nicht möglich diese einzuordnen. Allerdings können wir dies für die gemessenen Bewegungsausmaße tun.

Im Durchschnitt betrug der Bewegungsbogen unserer Patienten noch 94,3° (Minimum 0°, Maximum 150°). Durchschnittlich konnten unsere Patienten ihren betroffenen Ellenbogen noch um 116,9° flektieren (Minimum 0°, Maximum 145°), die Streckhemmung betrug im Mittel 22,6° (Minimum 0°, Maximum 75°). Verglichen mit dem

gesunden Arm, dessen Bewegungsumfang im Durchschnitt $139,9^\circ$ betrug, ist das ein Verlust von 23° oder 16,4 %.

Die Pronations- bzw. Supinationsbewegung wurde nicht so stark in Mitleidenschaft gezogen. Eine Pronation war bei den verletzten Ellenbogen im Mittel noch um $80,6^\circ$ möglich, die Supination betrug im Durchschnitt $79,8^\circ$. Die durchschnittlichen Werte von Supination und Pronation beim gesunden Arm betrugen im Schnitt $89,6^\circ$ (Pronation) und $89,3^\circ$ (Supination), was einen Bewegungsverlust von 10 % bei der Pronation und von 10,6 % bei der Supination ausmacht.

Lawrence et al. konnten einen noch möglichen Bewegungsumfang ihres Kollektivs von 100° (Minimum 10, Maximum 140) feststellen. Sie untersuchten das Outcome von Patienten mit und ohne Wundkomplikationen, konnten bei der Beweglichkeit aber keinen Unterschied ausmachen.⁶⁸

Foruria et al. hingegen, die den Fokus auf das Vorkommen heterotoper Ossifikation legten, entdeckten einen Unterschied zwischen Patienten mit dieser Komplikation (Bewegungsbogen 94°) und ohne (Bewegungsbogen 104°)⁷⁹. In unserem Kollektiv schlugen sich vorhandene Komplikationen im Bewegungsausmaß nieder. Patienten ohne Komplikationen konnten ihren Ellenbogen noch um 104° bewegen (Minimum 30, Maximum 150), Patienten mit Komplikationen konnten ihren Arm nur noch um $69,3^\circ$ bewegen (Minimum 0° , Maximum 110°).

Clavert et al., die nur Patienten über 65 Jahre in ihre Studien mit einschlossen, verzeichneten bei der prospektiven Gruppe einen noch möglichen Bewegungsumfang von $87,9^\circ$ und bei dem retrospektivem Kollektiv einen Bogen von $96,2^\circ$. Beide Nachuntersuchungszeiten waren mit durchschnittlich 10 (prospektiv) bzw. 34,8 Monaten (retrospektiv) relativ kurz.⁷³

Deutlich bessere Beweglichkeiten ihrer Patienten verzeichneten Schmidt-Horlohé et al. (105°), Doornberg et al. (106° , Ausschluss einer Patientin mit Arthrodesen), Pajarinen et al. (107°) und Allende et al., die einen Bewegungsumfang von 119° beobachteten^{70, 71, 74}. In all diese Studien flossen nur Daten von Patienten mit C-Frakturen. Das mittlere Alter der Patientengruppen von Doornberg et al. (35 Jahre), Allende et al. (42 Jahre) und Pajarinen et al. (44,4 Jahre) war um einiges geringer als das unseres Kollektivs (52,2 Jahre) und kann, wie in der Literatur beschrieben, ein Grund für das bessere Outcome sein.^{66, 70, 73}

Tab. 7: Durchschnittliche Bewegungsbogen nach distalen Humerusfrakturen, verschiedene Studien im Vergleich

Autor und Jahr	Patienten	Alter	Bewegungsbogen
Lawrence et al. 2014	89	58,4 J.	100°
Foruria et al. 2014	89	58 J.	94° (Pat. mit heterotoper Ossifikation eingeschlossen); 104° (nur Patienten ohne heterotope Ossifikation)
Clavert et al. 2013 (prospektive Studie)	53	77,2 J.	87,9°
Clavert et al. 2013 (retrospektive Studie)	289	77,6 J.	96,2°
Schmidt-Horlohé et al. 2013	39	50 J.	105°
Doornberg et al. 2007	30	35 J.	106°
Pajarinen et al. 2002	18	44,4 J.	107°
Allende et al. 2004	40	42 J.	119°
Lederer 2018	52	52,5 J.	94,3°

5 ZUSAMMENFASSUNG

Distale Humerusfrakturen im Erwachsenenalter sind nach wie vor selten und stellen für die behandelnden Ärzte eine große Herausforderung hinsichtlich Operationstechnik, Nachbehandlung und Rehabilitation dar.

Das Ziel dieser Studie war, Faktoren auszumachen, die sich ungünstig auf das Behandlungsergebnis distaler Humerusfrakturen auswirken. Wir beurteilten das Outcome der Patienten nach subjektiven und objektiven Kriterien und etablierten den Subjective Elbow Value.

Anhand der Aktendurchsicht und einer teils klinischen, teils mit Fragebogen gestützten Untersuchung ermittelten wir Daten für die Einteilung der Klassifikation und Erhebung verschiedener Scores. Wir untersuchten den Mayo Elbow Performance Score, den Aktivitätsscore nach Morrey, den Schweregrad nach Estève, den Subjective Elbow Value, den Schmerz anhand einer visuellen Analogskala und die Zufriedenheit. Mittels Microsoft Excel 2007® und dem Statistikprogramm SAS 9.3® erfolgte die statistische Auswertung.

Beim Mayo Elbow Performance Score erreichten 63,5 % unserer Patienten sehr gute und gute Ergebnisse, lediglich 19,2 % schlechte. Beim Aktivitätsscore nach Morrey lag die Rate an guten Ergebnissen bei 55,8 %, die an schlechten bei 15,4 %. Der Schweregrad nach Estève konnte bei 59,6 % der Fälle sehr gute und gute Ergebnisse verzeichnen, schlechte bei 13,5 %. Der von uns erstmals verwendete Subjective Elbow Value lag im Mittel bei 73,6 Punkten und fällt somit bei 55,8 % der Patienten gut und sehr gut aus und bei 13,5 % schlecht. Insgesamt zufrieden zeigten sich 88,4 % der Patienten.

Der Subjective Elbow Value korreliert mit all unseren Scores. Daher handelt es sich um einen gut geeigneten Score für das subjektive Empfinden der Patienten in Bezug auf ihren verletzten Ellenbogen.

Als prognostisch ungünstige Faktoren konnten wir Alter, Geschlecht der Patienten sowie das Auftreten von Komplikationen finden. Die Schwere der Fraktur (AO-Klassifikation) und Weichteilschäden spielten keine signifikante Rolle. Tendenziell, aber statistisch nicht relevant, hatten C-Frakturen schlechtere Score-Ergebnisse als A- und B-Frakturen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

1. Wenzl, ME, Raimund, F, Fuchs, S, Paech, A, Jürgens, C: Distale Humerusfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit*, 9: 183-191, 2007.
2. Robinson, CM, Hill, RM, Jacobs, N, Dall, G, Court-Brown, CM: Adult distal humeral metaphyseal fractures: epidemiology and results of treatment. *Journal of orthopaedic trauma*, 17: 38-47, 2003.
3. Nowak, TE, Dietz, SO, Burkhart, KJ, Müller, LP, Rommens, PM: Frakturen des Ellenbogengelenks. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen*, 83: 181-198, 2012.
4. Josten, C, Marquardt, B: Frakturen, Luxationen, Bandrupturen - Ellenbogen, Unterarm. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 1: 447-476, 2006.
5. Rueger, JM, Janssen, A, Barvencik, F, Briem, D: [Fractures of the distal humerus]. *Der Unfallchirurg*, 108: 49-57; quiz 58, 2005.
6. Zilles, K, Tillmann, BN: *Anatomie*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
7. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem : 182 Tabellen*, Stuttgart ; New York, Thieme, 2011.
8. Tillmann, B: *Atlas der Anatomie des Menschen*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
9. Großstück, R, Conrad, T, Hofmann, GO: Diagnostik und Klassifikation der Ellenbogenverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*, 9: 179-182, 2007.
10. Lais, E, Hertel, P: *Knöchernen Verletzungen des Ellenbogengelenkes*, München, Wien, Baltimore, Urban & Schwarzenberg, 1991.
11. Lippert, H: *Lehrbuch Anatomie : 204 Tabellen*, München, Elsevier, Urban & Fischer, 2011.
12. Fritze, J, Fritze, E: (Eds.) *Die ärztliche Begutachtung : Rechtsfragen, Funktionsprüfungen, Beurteilungen ; mit ... 200 Tab*, Berlin ; Heidelberg, Springer, 2012.
13. Rueger, JM, Rucker, A, Briem, D: [Distal fracture of the humerus]. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen*, 78: 959-971; quiz 972, 2007.
14. Palvanen, M, Kannus, P, Niemi, S, Parkkari, J: Secular trends in the osteoporotic fractures of the distal humerus in elderly women. *European journal of epidemiology*, 14: 159-164, 1998.
15. Weinberg, AM, Marzi, I, Gunter, SM, Wessel, L, Riedel, J, von Laer, L: [Supracondylar humerus fracture in childhood--an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery--I: Epidemiology, effectiveness evaluation and classification]. *Der Unfallchirurg*, 105: 208-216, 2002.
16. Müller, ME: (Ed.) *The comprehensive classification of fractures of long bones*, Berlin ; Heidelberg [u.a.], Springer, 1990.
17. Unger, AC, Renken, F, Gille, J, Schulz, AP, Faschingbauer, M, Jürgens, C: Klassifikation und Therapie von ellengelenknahen Verletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*, 12: 247-254, 2010.
18. Foundation, A: Müller AO Classification of Fractures - Long Bones. https://www.aofoundation.org/Documents/mueller_ao_class.pdf, 2010.
19. Meyer, R-P, Kappeler, U: *Ellenbogenchirurgie in der Praxis*, Berlin; Heidelberg; New York; Tokio, Springer, 1998.

20. Nauth, A, McKee, MD, Ristevski, B, Hall, J, Schemitsch, EH: Distal humeral fractures in adults. *The Journal of bone and joint surgery American volume*, 93: 686-700, 2011.
21. Bauer, GJ, Hoellen, I: Die distale intraartikuläre Humerusfraktur. Diagnostik, Operationstechnik und Ergebnisse. *Aktuelle Traumatologie*, 27: 125-131, 1997.
22. Jupiter, JB: Complex fractures of the distal part of the humerus and associated complications. *Instructional course lectures*, 44: 187-198, 1995.
23. Lob, G, Burri, C, Feil, J: [Operative treatment of distal intra-articular humerus fractures; results of 412 follow-up cases (AO-collected statistics)]. *Langenbecks Archiv für Chirurgie*, 364: 359-361, 1984.
24. Jacquot, A, Poussange, N, Charrissoux, JL, Clavert, P, Obert, L, Pidhorz, L, Sirveaux, F, Mansat, P, Fabre, T: Usefulness and reliability of two- and three-dimensional computed tomography in patients older than 65 years with distal humerus fractures. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 100: 275-280, 2014.
25. Beazley, JC, Baraza, N, Jordan, R, Modi, CS: Distal Humeral Fractures-Current Concepts. *The open orthopaedics journal*, 11: 1353-1363, 2017.
26. Doornberg, J, Lindenhovius, A, Kloen, P, van Dijk, CN, Zurakowski, D, Ring, D: Two and three-dimensional computed tomography for the classification and management of distal humeral fractures. Evaluation of reliability and diagnostic accuracy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*, 88: 1795-1801, 2006.
27. Isa, AD, Furey, A, Stone, C: Functional outcome of supracondylar elbow fractures in children: a 3- to 5-year follow-up. *Canadian Journal of Surgery*, 57: 241-246, 2014.
28. Amerstorfer, F, Stöckle, U: (Eds.) *Ellenbogenchirurgie : [Standardverfahren, Tipps und Tricks]*, München, Elsevier Urban & Fischer, 2010.
29. Elkowitz, SJ, Polatsch, DB, Egol, KA, Kummer, FJ, Koval, KJ: Capitellum fractures: a biomechanical evaluation of three fixation methods. *Journal of orthopaedic trauma*, 16: 503-506, 2002.
30. Josten, C, Lill, H: *Ellenbogenverletzungen*, Darmstadt, Steinkopff, 2002.
31. Schmit-Neuerburg, K-P: (Ed.) *Ellenbogen - Unterarm - Hand*, Berlin ; Heidelberg [u.a.], Springer.
32. Imhoff, AB, Linke, RD, Baumgartner, R: *Checkliste Orthopädie : 82 Tabellen*, Stuttgart, Thieme, 2011.
33. Quack, DmV: Ellenbogengelenk. In: *Operative Zugangswege in Orthopädie und Unfallchirurgie*. edited by LÜRING, C., TINGART, M., Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp 215-245.
34. Chen, RC, Harris, DJ, Leduc, S, Borrelli, JJ, Jr., Tornetta, P, 3rd, Ricci, WM: Is ulnar nerve transposition beneficial during open reduction internal fixation of distal humerus fractures? *Journal of orthopaedic trauma*, 24: 391-394, 2010.
35. Ruan, HJ, Liu, JJ, Fan, CY, Jiang, J, Zeng, BF: Incidence, management, and prognosis of early ulnar nerve dysfunction in type C fractures of distal humerus. *The Journal of trauma*, 67: 1397-1401, 2009.
36. Elmadag, M, Erdil, M, Bilsel, K, Acar, MA, Tuncer, N, Tuncay, I: The olecranon osteotomy provides better outcome than the triceps-lifting approach for the treatment of distal humerus fractures. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology : orthopedie traumatologie*, 24: 43-50, 2014.
37. Chen, G, Liao, Q, Luo, W, Li, K, Zhao, Y, Zhong, D: Triceps-sparing versus olecranon osteotomy for ORIF: analysis of 67 cases of intercondylar fractures of the distal humerus. *Injury*, 42: 366-370, 2011.

38. Azboy, I, Bulut, M, Ancar, C, Demirtas, A, Ozkul, E, Gem, M, Karadeniz, H, Arslan, H: The comparison of triceps-reflecting anconeus pedicle and olecranon osteotomy approaches in the treatment of intercondylar fractures of the humerus. *Ulusal travma ve acil cerrahi dergisi = Turkish journal of trauma & emergency surgery : TJTES*, 22: 58-65, 2016.
39. Wilkinson, JM, Stanley, D: Posterior surgical approaches to the elbow: a comparative anatomic study. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 10: 380-382, 2001.
40. Bégué, T: Articular fractures of the distal humerus. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 100: S55-S63, 2014.
41. O'Driscoll, SW: Optimizing stability in distal humeral fracture fixation. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 14: 186S-194S, 2005.
42. Self, J, Viegas, SF, Buford, WL, Jr., Patterson, RM: A comparison of double-plate fixation methods for complex distal humerus fractures. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 4: 10-16, 1995.
43. Zalavras, CG, Vercillo, MT, Jun, B-J, Otarodifard, K, Itamura, JM, Lee, TQ: Biomechanical evaluation of parallel versus orthogonal plate fixation of intra-articular distal humerus fractures. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 20: 12-20, 2011.
44. Wegmann, K, Burkhart, KJ, Koslowsky, TC, Koebke, J, Neiss, WF, Müller, LP: Arterial supply of the distal humerus. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 36: 705-711, 2014.
45. Wang, Y, Zhuo, Q, Tang, P, Yang, W: Surgical interventions for treating distal humeral fractures in adults. *The Cochrane database of systematic reviews*, 1: CD009890, 2013.
46. Charissoux, JL, Vergnenegre, G, Pelissier, M, Fabre, T, Mansat, P: Epidemiology of distal humerus fractures in the elderly. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 99: 765-769, 2013.
47. Dietz, SO, Nowak, TE, Burkhart, KJ, Muller, LP, Rommens, PM: [Fractures of the distal humerus in the elderly. Pros and cons of endoprosthetic replacement]. *Der Unfallchirurg*, 114: 801-814; quiz 815, 2011.
48. Ilahi, OA, Strausser, DW, Gabel, GT: Post-traumatic heterotopic ossification about the elbow. *Orthopedics*, 21: 265-268, 1998.
49. Helfet, DL, Schmeling, GJ: Bicondylar intraarticular fractures of the distal humerus in adults. *Clinical orthopaedics and related research*: 26-36, 1993.
50. Srinivasan, K, Agarwal, M, Matthews, SJ, Giannoudis, PV: Fractures of the distal humerus in the elderly: is internal fixation the treatment of choice? *Clinical orthopaedics and related research*: 222-230, 2005.
51. Huang, TL, Chiu, FY, Chuang, TY, Chen, TH: Surgical treatment of acute displaced fractures of adult distal humerus with reconstruction plate. *Injury*, 35: 1143-1148, 2004.
52. Regel, G, Seekamp, A, Blauth, M, Klemme, R, Kuhn, K, Tscherne, H: [Complex injury of the elbow joint]. *Der Unfallchirurg*, 99: 92-99, 1996.
53. Kundel, K, Braun, W, Wieberneit, J, Ruter, A: Intraarticular distal humerus fractures. Factors affecting functional outcome. *Clinical orthopaedics and related research*: 200-208, 1996.
54. Buvanendran, A, Kroin, JS, Berger, RA: Preoperative cyclooxygenase-2 inhibitor treatment reduces the incidence of heterotopic ossification after hip arthroplasty: six-month follow-up. *Anesthesiology*, 107: 358-359, 2007.

55. Chao, ST, Joyce, MJ, Suh, JH: Treatment of heterotopic ossification. *Orthopedics*, 30: 457-464; quiz 465-456, 2007.
56. Summerfield, SL, DiGiovanni, C, Weiss, AP: Heterotopic ossification of the elbow. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 6: 321-332, 1997.
57. Kundel, K, Braun, W, Ruter, A: [Distal intra-articular humerus fractures in adults. Results of surgical treatment]. *Der Unfallchirurg*, 95: 219-223, 1992.
58. Dietrich, A: Ellenbogenverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*, 9: 210-212, 2007.
59. Fuchs, S, Wallstabe, S, Gerlach, U, Wenzl, ME, Jürgens, C: Sekundäreingriffe nach Ellengelenkverletzungen. *Trauma und Berufskrankheit*, 9: 202-209, 2007.
60. Gausepohl, T: [Osteosynthesis in distal intra-articular humeral fractures. External fixation with motion capacity]. *Der Unfallchirurg*, 114: 130-135, 2011.
61. Ozdemir, H, Urguden, M, Soyuncu, Y, Aslan, T: [Long-term functional results of adult intra-articular distal humeral fractures treated by open reduction and plate osteosynthesis]. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*, 36: 328-335, 2002.
62. Diemer, F, Sutor, V: *Halswirbelsäule und obere Extremität : 77 Tabellen*, Stuttgart [u.a.], Thieme, 2010.
63. Longo, UG, Franceschi, F, Loppini, M, Maffulli, N, Denaro, V: Rating systems for evaluation of the elbow. *British medical bulletin*, 87: 131-161, 2008.
64. Benrath, J, Hatzenbühler, M, Fresenius, M, Heck, M: *Repetitorium Schmerztherapie : Zur Vorbereitung auf die Prüfung »Spezielle Schmerztherapie«*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 2012.
65. Gilbert, MK, Gerber, C: Comparison of the subjective shoulder value and the Constant score. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 16: 717-721, 2007.
66. Gofton, WT, Macdermid, JC, Patterson, SD, Faber, KJ, King, GJ: Functional outcome of AO type C distal humeral fractures. *The Journal of hand surgery*, 28: 294-308, 2003.
67. Aslam, N, Willett, K: Functional outcome following internal fixation of intraarticular fractures of the distal humerus (AO type C). *Acta orthopaedica Belgica*, 70: 118-122, 2004.
68. Lawrence, TM, Ahmadi, S, Morrey, BF, Sanchez-Sotelo, J: Wound complications after distal humerus fracture fixation: incidence, risk factors, and outcome. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 23: 258-264, 2014.
69. Schmidt-Horlohe, KH, Bonk, A, Wilde, P, Becker, L, Hoffmann, R: Promising results after the treatment of simple and complex distal humerus type C fractures by angular-stable double-plate osteosynthesis. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 2013.
70. Pajarinen, J, Bjorkenheim, JM: Operative treatment of type C intercondylar fractures of the distal humerus: results after a mean follow-up of 2 years in a series of 18 patients. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 11: 48-52, 2002.
71. Doornberg, JN, van Duijn, PJ, Linzel, D, Ring, DC, Zurakowski, D, Marti, RK, Kloen, P: Surgical treatment of intra-articular fractures of the distal part of the humerus. Functional outcome after twelve to thirty years. *The Journal of bone and joint surgery American volume*, 89: 1524-1532, 2007.
72. Sclaro, JA, Voleti, P, Makani, A, Namdari, S, Mirza, A, Mehta, S: Surgical fixation of extra-articular distal humerus fractures with a posterolateral plate

- through a triceps-reflecting technique. *Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons [et al]*, 23: 251-257, 2014.
73. Clavert, P, Ducrot, G, Sirveaux, F, Fabre, T, Mansat, P: Outcomes of distal humerus fractures in patients above 65 years of age treated by plate fixation. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 99: 771-777, 2013.
 74. Allende, CA, Allende, BT, Allende, BL, Bitar, I, Gonzalez, G: Intercondylar distal humerus fractures--surgical treatment and results. *Chirurgie de la main*, 23: 85-95, 2004.
 75. Gupta, R: Intercondylar fractures of the distal humerus in adults. *Injury*, 27: 569-572, 1996.
 76. Foruria, AM, Lawrence, TM, Augustin, S, Morrey, BF, Sanchez-Sotelo, J: Heterotopic ossification after surgery for distal humeral fractures. *The bone & joint journal*, 96-B: 1681-1687, 2014.
 77. Morrey, BF: (Ed.) *The elbow and its disorders*, Philadelphia ; London, W.B. Saunders, 2000.
 78. Seekamp, A, Regel, G, Blauth, M, Klages, U, Klemme, R, Tscherne, H: [Long-term results of therapy of open and closed fractures of the elbow joint]. *Der Unfallchirurg*, 100: 205-211, 1997.
 79. Foruria, AM, Augustin, S, Morrey, BF, Sanchez-Sotelo, J: Heterotopic ossification after surgery for fractures and fracture-dislocations involving the proximal aspect of the radius or ulna. *The Journal of bone and joint surgery American volume*, 95: e66, 2013.

7 ANHANG

Ellenbogenstudie

Liebe Patienten!

Auf den folgenden Seiten finden Sie Fragen zu gesundheitlichen Einschränkungen Ihrer Ellenbogen. Wir möchten Sie bitten, für **beide Ellenbogen** möglichst genaue Angaben zu machen.

Bitte kreuzen Sie die entsprechenden Antworten an!

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit!

Patientendaten:

Code: (wird von uns eingetragen)	Datum:
----------------------------------	--------

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum (TT,MM,JJJJ): __, __, ____

Strasse: _____

Postleitzahl: _____ Wohnort: _____

Telefonnummer: _____

Größe: _____ m

Gewicht: _____ kg

Bitte zutreffendes ankreuzen:

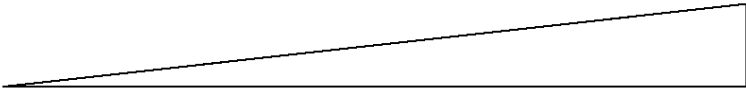
Beeinträchtigter Ellenbogen (bzw. aktuell behandelter Ellenbogen): ☐ rechts
☐ links

Sind Sie Rechts- oder Linkshänder? ☐ Rechtshänder
☐ Linkshänder

Visuelle Analogskala

Bitte geben Sie für **beide Ellenbogen** die **durchschnittliche Stärke Ihrer Schmerzen** während der letzten 4 Wochen an.

0 ist kein Schmerz, 10 ist der am stärksten vorstellbare Schmerz.



rechts:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
links:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Mayo Elbow Performance Score**I. Schmerz**

Bitte kreuzen Sie für beide Ellenbogen die Stärke Ihrer Schmerzen an.

	Rechter Ellenbogen	Linker Ellenbogen
Kein Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geringer Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderater Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Starker Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

II. Stabilität

Bitte kreuzen Sie für beide Ellenbogen die jeweilige Stabilität an.

	Rechter Ellenbogen	Linker Ellenbogen
Stabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Etwas instabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sehr instabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

III. Funktion

Bitte kreuzen Sie für beide Ellenbogen an, welche Funktionen Sie mit ihnen ausführen können.

	Rechter Ellenbogen	Linker Ellenbogen
Haare kämmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selbständig essen (Besteck)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Selbständige Körperpflege (rektal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ankleiden ist möglich (Unterhemd)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schuhe anziehen ist möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aktivitätsscore nach Morrey

Bitte kreuzen Sie für beide Ellenbogen an, ob die aufgelisteten Aktivitäten selbständig gut möglich oder schwer / nicht auszuführen sind.

Rechter Ellenbogen:

	Gut möglich	Schwer / nicht möglich
Haare kämmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Besteck essen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rektale Hygiene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterhemd anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenseitigen Unterarm waschen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf Schulter schlafen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geldbeutel benutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hand auf Schulterhöhe benutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 kg an der Seite tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Über Kopf arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenstände hochheben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewöhnliche sportliche Aktivitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenstände ziehen / werfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewöhnliche Arbeiten verrichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Linker Ellenbogen:

	Gut möglich	Schwer / nicht möglich
Haare kämmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit Besteck essen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rektale Hygiene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unterhemd anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenseitigen Unterarm waschen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf Schulter schlafen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geldbeutel benutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hand auf Schulterhöhe benutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 kg an der Seite tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Über Kopf arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenstände hochheben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewöhnliche sportliche Aktivitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gegenstände ziehen / werfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewöhnliche Arbeiten verrichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Subjective Elbow Value

Wenn Sie mit Ihrem gesunden Ellenbogen zu 100% zufrieden sind, zu wieviel Prozent sind Sie mit Ihrem verletzten Ellenbogen zufrieden?

(oder: Wieviel Geld würden Sie für den verletzten Ellenbogen verlangen, wenn der gesunde 100 Euro wert wäre?)

Bitte geben Sie einen Wert an:

Zufriedenheit

Sind Sie insgesamt zufrieden mit dem Ergebnis Ihres verletzten Ellenbogens?

☐ ja

☐ nein

Bewegungsgrade

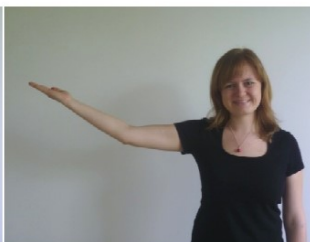
Bitte kreuzen Sie bei jedem Bild und für beide Ellenbogen an, ob Sie die Bewegung ausführen können. Bitte orientieren Sie sich an den Bewegungen, die auf den Bildern vorgemacht werden.



0°

☐ rechts

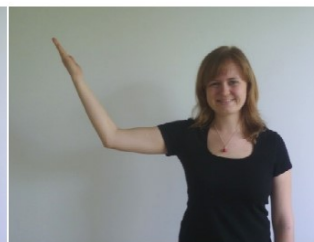
☐ links



1 – 30°

☐ rechts

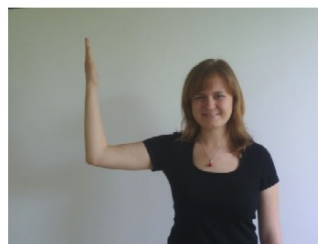
☐ links



31 – 60°

☐ rechts

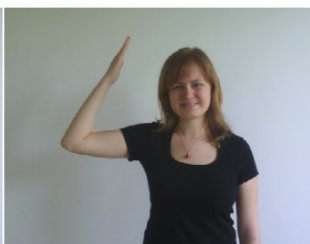
☐ links



61 – 90°

☐ rechts

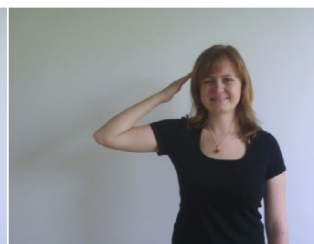
☐ links



91 – 130°

☐ rechts

☐ links



131 – 150°

☐ rechts

☐ links

II. Supination (Drehen des Unterarms nach außen mit am Oberkörper anliegendem angewinkelten Ellenbogen)



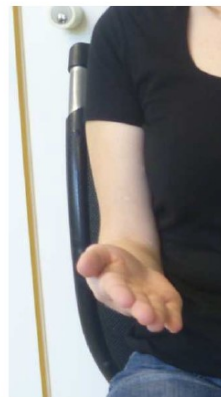
0°

☐ rechts
☐ links



1- 30°

☐ rechts
☐ links



31 – 60°

☐ rechts
☐ links



61 – 90°

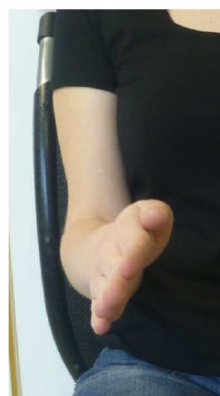
☐ rechts
☐ links

III. Pronation (Drehen des Unterarms nach innen mit am Oberkörper anliegendem angewinkelten Ellenbogen)



0°

☐ rechts
☐ links



1 – 30°

☐ rechts
☐ links



31 – 60°

☐ rechts
☐ links



61 – 90°

☐ rechts
☐ links

Noch einige allgemeine Fragen:

1. Wurden Sie an dem betroffenen Ellenbogen noch einmal operiert? Wenn ja, warum, wann und wo? (z.B. zur Metallentfernung?)

2. Haben Sie Nervenschäden, Taubheitsgefühle, Kribbeln oder können Sie einzelne Finger nicht mehr bewegen oder spüren? Wenn ja, wo genau?

3. Haben Sie Vorerkrankungen bzw. andere Erkrankungen? (z.B. Bluthochdruck, Diabetes,...)

Vielen Dank für Ihre Mühe!

8 LEBENSLAUF

PERSONALIEN

Name und Vorname: Lederer, Jana Kristin

Geburtsdatum: 03.10.1988

Geburtsort: Stuttgart

Familienstand: ledig

Vater: Hermann Lederer

Mutter: Dorothee Lederer, geb. Kiesel

SCHULISCHER WERDEGANG

1995 – 1999 Grundschule Hausen im Wiesental

1999 – 2008 Theodor – Heuss – Gymnasium Schopfheim

19.06.2008 Abitur

UNIVERSITÄRER UND BERUFLICHER WERDEGANG

WS 2008 / 2009 Beginn des Studiums Humanmedizin an der Universität
Heidelberg, Medizinische Fakultät Mannheim

2008 – 2010 Grundstudium (vorklinische Semester)

16.09.2010 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M1)

2010 – 2014 Hauptstudium (klinische Semester)

10.04.2014 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M2)

05/2014 – 05/2015 Praktisches Jahr

19.06.2015 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M3)

10.07.2015 Approbation als Ärztin

12/2015 – 11/2017	Assistenzärztin Innere Medizin, Spitalzentrum Oberwallis, Brig und Visp, Schweiz
05/2018 – dato	Assistenzärztin Innere Medizin, St. Marienkrankenhaus Ludwigshafen

9 DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. Lars Lehmann danke ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und die ausgezeichneten Möglichkeiten, es zu bearbeiten. Ebenso danke ich Frau Dr. Renata Gologan für die gute und stete Betreuung und Hilfe.

Auch danke ich Frau Sylvia Büttner für die geduldige Hilfe bei der Auswertung meiner statistischen Ergebnisse.

Ein besonderer Dank gilt den Patienten, die sich bereit erklärten, zu einer Nachuntersuchung in das Klinikum zu kommen und selbstverständlich auch jenen, die per Post antworteten.

Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, meinem Partner, meiner Familie und meinen Freunden, die mich stets motivierten und mit guten Gedanken unterstützten.